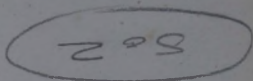
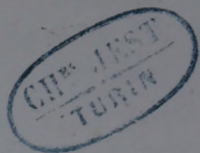
ragioni Astronomiche del Cognom
Galileo, sistemi di Copernicano

ELEMENTI

DI

FISICA GENERALE E SPERIMENTALE

AD USO

DELLE REGIE SCUOLE DI FILOSOFIA

DI

G. D. BOTTO

PROFESSORE DI FISICA NELLA R. UNIVERSITA' DI TORINO, MEMBRO DELLA R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE DI TORINO, SOCIO ONORARIO DELLA SOCIETA' MEDICO-FISICA FIORENTINA, MEMBRO CORRISPONDENTE DELLA SOCIETA' DELLE SCIENZE FISICHE DI PARIGI, E DI ALTRE SOCIETA' NAZIONALI, E STRANIERE.

Terza Edizione

TORINO
STAMPERIA REALE
1843

PARTE PRIMA

FISICA MECCANICA

CAPO I.

PRELIMINARI.

Oggetto della Fisica.

1. La Fisica comprendeva in origine l'intero studio dell'universo sensibile, e delle leggi mirabili con cui la Creatrice Sapienza ne regge l'ordine e l'armonia.
2. Questo amplissimo studio andò poscia diviso e suddiviso, secondochè lo richiedeva la varietà degli oggetti su cui versava, nelle moltiplici discipline che diconsi *naturali*, e la Fisica propriamente detta, non ne formò più che una parte, comecchè essenzialissima e fondamentale.
3. Ristretta negli odierni suoi limiti, può la Fisica definirsi, la scienza delle leggi più generali che reggono i corpi, e presiedono ai fenomeni costitutivi delle loro proprietà sensibili.

4. *Corpi*. Tutti gli oggetti sensibili diconsi corpi. Noi non li conosciamo nella loro intrinseca essenza, ma solo per i loro fenomeni.

5. La manifestazione e successione di questi fenomeni ci induce ad ammettere delle cagioni atte a produrli, mentre l'accurato esame de' medesimi ci fa riporre siffatte cagioni nella forza attuata nella *materia*.

6. *Materia. Atomi. Molecole.* Dicesi materia la ignota sostanza che forma i corpi.

7. La materia si distingue in *imponderabile* e *ponderabile*.

Alla prima appartengono il *calore*, la *luce*, l'*elettricità*, il *magnetismo*.

La seconda forma la così detta *massa* dei corpi, e si misura dal loro peso.

8. La materia si suppone formata d'*atomi fisici*, o *molecole* elementari, tenuissime, indivisibili e inalterabili, i cui caratteri assoluti sarebbero la *estensione* e la *impenetrabilità*. Però vi hanno atomi imponderabili e ponderabili, sebbene colla parola, atomi, si accenni d'ordinario agli elementi costitutivi delle masse corporee.

9. La materia ponderabile non è una ed omogenea, ammettendosi oggidì dai Chimici cinquantacinque *sostanze* intrinsecamente diverse dette *semplici* o *elementari*, epperò altrettanti generi di atomi dalle cui *combinazioni* moltiplici risultano formati tutti i corpi conosciuti.

10. *Corpi semplici e composti.* I corpi ponderabili si distinguono in *semplici* e *composti*.

I corpi semplici constano di una sola sostanza semplice, epperò son formati di atomi *omogenei*.

I corpi composti invece risultano dalla combina-

zione di più sostanze, epperò si formano di atomi *eterogenei.*

11. *Costituzione dei corpi.* Gli atomi semplici o elementari unendosi o combinandosi in dato numero, con date leggi, e in date proporzioni, formano i così detti atomi *composti* di vario *ordine;* questi similmente associandosi formano le *molecole integranti* o *similari* dei corpi, e un aggregato di molecole integranti, è ciò che dicesi corpo.

12. Però si vede che le molecole integranti dei corpi semplici sono formate d'atomi omogenei, ossia d'una stessa sostanza semplice, mentre le molecole dei corpi composti constano di atomi eterogenei.

13. Dalla natura degli atomi e dalle leggi delle loro combinazioni dipendono le qualità proprie delle molecole integranti, mentre dall'indole delle molecole e dalle condizioni diverse del loro aggregamento nella formazione delle masse corporee, dipendono i tre notissimi stati sotto cui queste ci si presentano, *solido*, *liquido*, ed *aeriforme*, e il complesso delle altre proprietà attinenti alla molecolare costituzione delle medesime.

L'intima connessione tra alcune di queste proprietà colle varie classi di fenomeni che dovremo studiare, ci impone di farne fin d'ora un cenno.

Proprietà generali dei corpi.

14. Le proprietà generali dei corpi si distinguono in *essenziali* ed *accidentali*.

Le proprietà essenziali sono la estensione e l'impenetrabilità: le accidentali sono la divisibilità, la po-

rosità, la comprimibilità, la dilatabilità, la elasticità, la mobilità, l'inerzia.

15. *Estensione*. L'estensione dei corpi è quella fisica successione di parti, che dà luogo in essi alla triplice loro dimensione in lunghezza, larghezza e profondità. Quindi i corpi occupano una porzione dello spazio, e tal porzione occupata dicesi *volume*.

16. *Impenetrabilità*. La impenetrabilità è quel generale attributo dei corpi per cui ciascuno di essi esclude ogni altro dal luogo che occupa. Però due corpi non possono coesistere in un luogo medesimo, nè l'uno può invadere il luogo dell'altro, senzachè prima ne lo discacci.

Così un ago non penetra nell'acqua, senza che questa s'alzi nel vaso che la contiene.

Così un bicchiere, che si sprofondi capovolto in tal fluido, non se ne riempie, vietandolo l'aria in esso racchiusa.

Molti fatti, è vero, sembrano contraddire alla legge d'impenetrabilità, come quando una spugna, il legno, la creta s'imbevon d'acqua, ma vedremo, che ciò dipende dall'intromettersi che fanno le particelle d'un corpo fra quelle dell'altro.

17. *Divisibilità*. Consiste la divisibilità nell'essere i corpi risolubili in parti. L'esperienza prova non darsi porzion percettibile di sostanza corporea che non possa dividersi. Quindi si dice che la divisibilità fisica non ha limite percettibile.

Molti esempi attestano la estrema divisibilità dei corpi. VOLLASTON con un processo particolare ottenne un filo di platino di diametro non eccedente la 18,000ª parte d'un pollice, epperò appena visibile.

Chi può farsi un'idea della picciolezza di certi animaluzzi microscopici, un millione dei quali eguaglierebbe appena in volume un granello di sabbia? e se questi sfuggono già i nostri sensi, che sarà dei minimi loro organi e dei globoli dei loro umori?

Si sa che un grano di muschio può per molti anni riempiere di sua fragranza lo spazio circostante senza perdere peso sensibile. Eppure quale sterminato numero di particelle odorifere non tramanda ad ogni istante!

Ma se queste ed altre osservazioni sui prodotti della natura e dell'arte provano che la tenuità, di cui è capace la materia, eccede i limiti della nostra sensibilità organica, dovrà perciò dirsi la materia divisibile *all'infinito?*

Gravi considerazioni tratte principalmente dalla Chimica e dalla Cristallografia inducono a congetturare il contrario, e ad ammettere la esistenza degli atomi primitivi, come ultimo termine, oltre cui non è più dato alla materia di attenuarsi.

18. *Porosità.* Quella generale condizione dei corpi, per cui tutti risultano tramezzati da innumerevoli interstizii, vacui di materia ponderabile, dicesi porosità, come *pori* si appellano cotesti interstizii.

Frequenti ed ovvii sono i fatti riferibili a questa dote dei corpi. Tali sono le filtrazioni naturali e artificiali, l'assorbimento che fanno i liquidi dei gaz, i solidi dell'aria, dei gaz, dei liquidi, l'arte del colorare i marmi, le curiose cristallizzazioni e incrostature che forma nelle cavità dei monti l'umido che vi penetra. È poi famoso lo sperimento degli Accademici del Cimento, per cui l'acqua trapelò dalle pareti d'un

globo d'oro, entro il quale era stata fortemente compressa.

Sarebbe superfluo lo addurre delle prove per ciò che ragguarda la estrema porosità dei corpi organici, essendo questa una condizione della loro stessa costituzione e natura. Del resto una prova concludente della porosità generale dei corpi si ha nella loro comprimibilità.

19. Dall'essere i corpi più o meno porosi, nasce la distinzione di *massa* e di *densità*. Dicesi massa d'un corpo la somma di atomi o la quantità di materia ponderabile compresa nel suo volume. Il rapporto della massa al volume misura la *densità*. Però a parità di volume le densità sono proporzionali alle masse, e a parità di massa nella inversa dei volumi. Tutto ciò si esprime ponendo

$$d=\frac{m}{v};$$

d, m, v rappresentando rispettivamente la densità, la massa e il volume.

20. *Comprimibilità*. La comprimibilità dei corpi sta in ciò, che ciascuno di essi può ridursi a minor volume, senza che ne scemi la massa. Per più cagioni può verificarsi un tale effetto, ma la parola comprimibilità vuolsi usare, alludendo ad un'azione meccanica.

Eminentemente comprimibili sono l'aria, i gaz; poco in paragone i solidi, pochissimo i liquidi.

21. *Dilatabilità*. La dilatabilità è la qualità opposta alla comprimibilità, e si verifica per cause inverse. Così il freddo ristringe i corpi, il calore li dilata.

In senso meccanico poi, il dilatamento può esser

dovuto a una pressione diminuita, come il condensamento a una pressione accresciuta. Così l'aria si comprime e condensa entro un bicchiere che si immerga capovolto nell'acqua: si dilata, e torna al pristino volume, sollevando il bicchiere. Vero è che tale effetto in molti corpi è assai piccolo, e sovente impercettibile.

22. *Elasticità.* La facoltà più o men perfetta, più o men sensibile che hanno i corpi di ricuperare la forma primiera, al cessar d'una causa o azione meccanica, che ne l'avesse alterata, dicesi elasticità.

Vario e imperfetto sempre è tal ritorno nei solidi, perfetto invece nei liquidi e nei gaz.

La elasticità nei solidi si sviluppa per compressione, torsione, inflessione, distensione. Nei liquidi e nei gaz per sola compressione.

Quindi per essere i liquidi pochissimo comprimibili, entro limiti assai ristretti può in essi esercitarsi l'elaterio.

Nei gaz invece comprimibili insieme ed espansibili in sommo grado, tali limiti risultano estesissimi.

23. *Mobilità.* La mobilità è quella proprietà che hanno i corpi di poter essere trasferiti da un luogo ad un altro. Il moto consiste in tale traslocamento.

Lo stato opposto a quello del moto è la quiete o il riposo.

24. Vuolsi il moto distinguere in *assoluto* e *relativo.* Moto assoluto è il reale passaggio da un luogo ad un altro, e moto relativo dicesi ogni cangiamento di relativa situazione. Così chi sta sopra una nave vede la riva dilungarsi da lui, ma è desso che in realtà se ne allontana. Però quello della riva è moto relativo,

mentre il moto della nave e del navigante sarebbe moto assoluto, supposta la terra immobile.

25. *Inerzia.* Dicesi inerzia quella qualità o legge dei corpi, per cui niun d'essi può da per sè darsi o togliersi movimento.

La più costante osservazione ci convince essere i corpi privi affatto d'ogni spontaneità, o attività propria. I soli animali nello stato di vita fanno eccezione a tal legge; ma in virtù del principio immateriale che li vivifica.

26. Se però facilmente ammettiamo essere i corpi inetti a mettersi in moto, non così facili siamo ad accordar loro la qualità di conservare in perpetuo il moto ricevuto, niuno esempio somministrandoci di tale perpetuità i nostri mezzi sperimentali. Tuttavia dal vedere costantemente che se un moto si estingue, ciò è per la sola influenza di estrinseche resistenze, e che se queste scemano, cresce in proporzione la durata del moto stesso, siamo per giusta induzione costretti ad ammettere, che tal durata sarebbe perpetua, se nulle affatto fossero le resistenze, come si verifica appunto nei moti celesti.

27. Innumerevoli ed ovvii sono i fatti riferibili alla inerzia dei corpi. Si sa che chi salta fuori d'una carrozza in corso, stramazza nella direzione del moto. Or ben si vede ciò dipendere, dacchè, mentre il di lui corpo conserva la velocità che avea comune colla carrozza, i piedi recati a contatto col suolo ne sono arrestati per la resistenza che incontrano. Così si spiega, perchè chi sta dentro alla carrozza, si sente spinto verso la parte anteriore, se venga subitamente fermata.

28. La legge d'inerzia si risolve nelle tre seguenti, che sono come il fondamento di tutta la meccanica.

1.ª *Un corpo tende sempre a perseverare nell'attuale suo stato di quiete o di moto rettilineo e uniforme.*

2.ª *Ogni cangiamento di moto dee farsi in proporzione e nella direzione della forza che lo produce.*

3.ª *All'azione è sempre eguale e contraria la reazione.* Questa terza legge estesa da NEUTON ad ogni genere di azione *a distanza* significa che non può un corpo urtare o premere, attrarre o repellere un altro, senza esserne a vicenda urtato o premuto, attratto o repulso egualmente, e contrariamente.

Forze o agenti naturali.

29. Le forze della natura si distinguono in forze *fisiche*, *chimiche*, e *vitali*.

30. *Forze fisiche.* Le forze fisiche sono

1.º L'*attrazione universale*, o *Neutoniana* che presiede ai moti celesti, produce il peso e la caduta dei gravi.

2.º L'*attrazione molecolare*, detta anche *affinità di aggregazione* o *coesione*, che si esercita fra le molecole integranti recate a distanze minime.

3.º L'influsso moltiforme degli *imponderabili*.

31. *Forze chimiche.* Le forze chimiche costituiscono le così dette *affinità*, che reggono le combinazioni moltiplici degli atomi eterogenei nella formazione dei corpi composti, e nelle reazioni e scomposizioni che questi soffrono.

32. *Forze vitali.* Finalmente forze vitali diconsi quelle, che i fisiologi ammettono per ispiegare i fenomeni degli esseri organizzati, e i loro svolgimenti mirabili.
33. L'accennata divisione delle forze naturali non è per altro così assoluta, che le une non abbiano stretto vincolo colle altre, e le loro influenze non si contemperino mutuamente nella universale economia della natura.

Ed invero, le forze fisiche intervengono necessariamente nello esercizio delle forze chimiche, come in quello delle forze vitali intervengono le fisiche insieme e le chimiche influenze.

Però le forze fisiche, chimiche e vitali (compreso in quest'ultime l'influsso del principio senziente per gli animali) reggono congiuntamente i fenomeni della natura vivente, mentre le forze fisiche e chimiche presiedono a quelli della natura inorganica.

Divisione della Fisica.

34. La Fisica si divide in *generale* o meccanica, e *particolare* o sperimentale.
35. *Fisica generale.* La fisica generale contempla i fenomeni riferibili alle leggi del moto e dell'equilibrio connessi all'influenza del peso, e al diverso stato solido, liquido, o gazoso delle masse corporee.

Però suddividesi in *statica dinamica, idrostatica, idrodinamica, pneumatica, acustica* e *astronomia fisica.*
36. *Fisica particolare.* La fisica particolare considera le varie classi di effetti e di caratteri, attinenti più spe-

cialmente alla natura e costituzione molecolare dei corpi, e alla influenza degli agenti imponderabili.

37. L'una e l'altra di queste discipline poggia sulla osservazione e sulla esperienza; ma la prima stante l'indole meno complessa dei fatti che contempla, si giova dei metodi geometrici ed analitici proprii della meccanica razionale, mentre per ciò che ragguarda alla seconda può dirsi lontana ancora l'epoca in cui le quistioni di fisico argomento che le appartengono, passar potranno generalmente dal dominio dei metodi sperimentali, a quello dei metodi matematici.

CAPO II.

PRINCIPII DI STATICA.

Equilibrio d'un punto materiale.

38. La statica tratta dell'equilibrio tra le forze.

Più forze diconsi in equilibrio quando applicate a uno o più punti materiali si elidono mutuamente. Conseguenza di una tale condizione è il riposo.

39. *Equilibrio di due forze.* Il caso più semplice d'equilibrio è quello di due forze applicate a un medesimo punto materiale: è manifesto che queste si equilibreranno se saranno eguali e contrarie, come reciprocamente dovranno aversi per eguali e contrarie se si faranno equilibrio.

40. Tal deduzione dimostra che si può confrontare e misurare le forze in istatica, astraendo dalla consi-

derazione del moto, e però rappresentarle con numeri e linee: il qual secondo modo di rappresentazione semplifica grandemente l'enunciazione dei teoremi.

41. Semprecchè due forze non fossero eguali ed opposte, il loro punto d'applicazione si muoverebbe come se fosse affetto da una unica forza che lo sollecitasse nella direzione per cui progredirebbe realmente.

Dicesi questa *risultante* delle due forze che per rispetto alla medesima diconsi *componenti*.

42. *Parallelogrammo delle forze*. La risultante di due forze è rappresentata in intensità e direzione dalla diagonale del parallelogrammo AR (*fig.* 1), i di cui lati AP, AQ rappresentano tali forze.

Infatti egli è un principio deducibile dalle leggi meccaniche soprastabilite, che il moto prodotto da due forze contemporanee si componga dei due moti che queste produrrebbero, se agissero separatamente, come si verifica appunto nel moto diagonale.

Così una sfera d'avorio passa diagonalmente da un angolo all'altro di una tavola, se venga urtata nella direzione dei due lati da forze a questi proporzionali.

Così si sa che una barca, perchè attraversi un fiume, viene spinta coi remi obliqua alla corrente.

43. Staticamente poi si dimostra il teorema del parallelogrammo delle forze facendo agire l'un sull'altro tre pesi per via di tre fili appuntati a un globettino, ed avvolti a delle girelle fisse: si vede che il globettino si costituisce in riposo nel sistema mobile, quando fra i pesi e gli angoli dei rispettivi loro fili si verificano le relazioni stesse che sussistono fra i lati del parallelogrammo delle forze e i loro angoli, cioè

quando prese sui tre fili a partir dal punto di loro unione sul globetto, tre parti proporzionali ai loro pesi, ciascuna di queste parti si trova eguale e contraria alla diagonale costrutta sulle altre due parti, epperò giacente con quelle in un medesimo piano.

44. È una proprietà rimarchevole della risultante, di cui ci prevaleremo a suo luogo, che le perpendicolari abbassate da un punto qualunque I (*fig.* 4) della sua direzione su quelle delle due componenti, risultano reciprocamente proporzionali alle componenti medesime, stante la somiglianza dei triangoli PRM, QRN che danno

$$RP : RQ :: RM : RN :: IK : IL .$$

45. *Composizione e scomposizione delle forze.* Più forze A1 A2 A3 A4 ecc. (*fig.* 2), applicate ad un punto, possono comporsi in una sola, che è la lor risultante.

Però composte prima due di queste A1 A2 colla regola del parallelogrammo delle forze, si compone poscia similmente la lor risultante AR colla terza forza A3, indi la seconda risultante trovata AS colla quarta A4, e così di seguito si continuerebbe a comporre l'ultima risultante determinata AT con una delle forze che restassero fino all'ultima.

46. Per converso una forza data, può risolversi in un numero qualunque di forze, tutte prese ad arbitrio tranne una sola; infatti sulla retta AR che la rappresenta (*fig.* 3), possono costrursi infiniti parallelogrammi MN, M'N, M''N'' ecc., di cui tal retta sia la diagonale, un lato de' quali rimane determinato dall'altro,

che essendo arbitrario, può rappresentare un sistema qualunque di forze prese arbitrariamente.

47. *Equilibrio di più forze applicate ad un punto.* Perchè più forze applicate al medesimo punto d'un corpo siano in equilibrio, la loro risultante deve esser nulla.

È manifesto, che in tal caso una qualunque delle componenti dee trovarsi eguale e contraria alla risultante di tutte le altre.

Nel caso di non equilibrio, basterà opporre alla risultante generale una forza eguale e contraria, perchè l'equilibrio si verifichi.

Queste proposizioni non abbisognano di dimostrazione.

Forze parallele.

48. *Forze applicate ad una retta.* La risultante di due forze parallele e cospiranti, applicate alle estremità di una retta MN (*fig.* 5), è pur parallela e cospirante, eguaglia la somma delle componenti, e s'applica a un punto I della retta accennata, cui divide in due parti reciprocamente proporzionali alle componenti medesime.

Infatti la regola del parallelogrammo delle forze dimostra, che la diagonale si fa eguale alla somma dei lati, quando il loro angolo è infinitamente piccolo o nullo. Ora due forze parallele possono precisamente ravvisarsi come formanti un angolo nullo, e applicate ad uno stesso punto preso ad una distanza infinita sulle loro direzioni considerate come rette rigide, e senza peso.

Inoltre nella costruzione del parallelogrammo delle

forze abbiam veduto (§ 44), che le perpendicolari tratte da un punto qualunque appartenente alla direzione della risultante sulle direzioni delle componenti, sono a queste reciprocamente proporzionali. Il quale risultamento essendo indipendente dall'angolo delle due componenti, deve verificarsi anche quando un tale angolo è infinitamente piccolo, ossia quando le componenti sono parallele. Dunque tratte le perpendicolari IK, IL, le quali si confondono quivi in una medesima linea, dovrà aversi, chiamando P e Q le due componenti applicate ai punti M ed N

$$P : Q :: IL : IK;$$

e però a cagione dei triangoli simili IKM, ILN

$$P : Q :: IN : IM.$$

49. Con simile analisi si prova, che se le due forze parallele sono contrarie, la lor risultante riesce eguale alla lor differenza, agisce nel senso della maggiore, e il suo punto d'applicazione dista da entrambe per quantità reciproche alle loro intensità. Tal distanza risulterebbe però infinita, se le due forze fossero uguali: il che indica, che in questo caso è impossibile con una sola terza forza produr l'equilibrio.

50. *Composizione delle forze parallele.* La risultante di più forze parallele e cospiranti, applicate a punti invariabilmente fra loro connessi, è eguale alla loro somma, potendo tutte considerarsi concorrere in un punto situato a una distanza infinita. Il suo punto d'applicazione si trova componendo successivamente

tali forze prese due a due, e determinando in ciascuna composizione parziale il punto d'applicazione della risultante delle due forze che si considerano, col dividere in parti a queste reciprocamente proporzionali la distanza dei punti d'applicazione delle medesime.

51. Se una parte delle forze agisse in un senso, e una parte in senso contrario, si comporrebbero in una sola le prime, e in un'altra le seconde. Ridotto così il sistema a due forze parallele ed opposte, si sarebbe nel caso dichiarato al § 49.

52. *Equilibrio e centro delle forze parallele.* Un sistema di forze cospiranti e parallele non può essere in equilibrio, e per ridurvelo, è necessario opporre alla risultante di tal sistema una forza eguale e contraria.

Se le forze non cospirano, ma mentre le une agiscono per un verso, le altre agiscono oppositamente, bisognerà per l'equilibrio che la risultante delle prime sia eguale e direttamente contraria alla risultante delle seconde.

53. Dicesi *centro delle forze parallele* il punto d'applicazione della lor risultante, la cui posizione non cangia qualunque sia la comune direzione di queste forze, per esserne affatto indipendente.

Può anche dirsi che il centro delle forze parallele è quello intorno a cui tali forze si farebbero equilibrio, se fosse fisso.

Infatti, in tal caso la loro risultante sarebbe distrutta dalla resistenza che incontrerebbe in tal punto.

54. *Centro di gravità.* Dicesi centro di gravità d'un corpo quel punto, a cui si dirige costantemente la risultante

degli sforzi che fanno a cadere le sue particelle pesanti. È lo stesso che il centro delle forze parallele, considerando come forze i pesi delle molecole che compongono il corpo (*fig.* 7). Si definisce eziandio il centro di gravità per quel punto, in cui tutto il peso del corpo può considerarsi riunito. La verticale tratta per tal punto, dicesi *linea di direzione*.

55. Si determina il centro di gravità con mezzi geometrici per un corpo regolare e omogeneo: generalmente poi sospendendo successivamente il corpo ad un filo per due punti della sua superficie, col lasciarlo ridurre al riposo.

Laddove idealmente s'intersecano le due direzioni del filo, ivi è il centro di gravità.

Tal processo si fonda sul teorema seguente:

56. *Equilibrio d'un grave sospeso o sorretto*. Perchè un grave sospeso sia in equilibrio, deve la linea di direzione passare per il punto di sospensione.

E perchè un grave sia sorretto da un piano orizzontale, bisogna che la linea di direzione passi per la base.

Infatti non potrebbe altrimenti la resistenza del punto di sospensione o quella del piano su cui poggia il corpo trasmettersi fino al suo centro di gravità, e distruggere la risultante delle forze per cui tende a cadere.

Or s'intende su che si fondi l'uso del filo a piombo nella erezione degli edificii.

57. La stabilità di un corpo dipende da più circostanze. Grande in generale è una tale stabilità, se grande è l'ampiezza della base, e poca l'altezza del centro di gravità, e se questo così soprasti alla base, che la

linea di direzione ne cada verso il mezzo. Se invece ne cada sulla estremità, il menomo urto può rovesciare il corpo da quella banda. È osservabile, che la difficoltà di rovesciare un corpo, cresce col crescere dell'altezza a cui bisogna elevare il suo centro di gravità per produrre un tale rovesciamento.

58. Vi hanno pure certi stati di equilibrio, in cui il centro di gravità trovasi ad un *minimum* od un *maximum* d'altezza, sicchè non può tal centro ad un menomo movimento che o salire o discendere. Un esempio di questi due casi si ha in due anelli ellittici, un dei quali poggi sul suo asse minore, l'altro sul suo asse maggiore (*fig.* 8). Nel primo caso l'equilibrio dicesi *stabile*, perchè può soffrire perturbamento entro certi limiti, e ristabilirsi dopo un più o men lungo oscillar dell'anello. Nel secondo caso invece l'equilibrio dicesi *instabile*, perchè alla menoma perturbazione l'anello cade. In altri casi il centro di gravità non tende nè a salire nè a scendere, come in una sfera (*fig.* 9), o in un cilindro corcato. Allora l'equilibrio dicesi *neutro*.

Macchine semplici.

59. *Leva.* Chiamasi leva una spranga inflessibile MN (*fig.* 6), mobile intorno ad un punto fisso R, detto punto d'appoggio o *ipomoclio*, per mezzo della quale si trasmette l'azione di una *potenza* sopra una *resistenza*. Le parti di tale spranga comprese tra i punti d'applicazione delle due forze e l'ipomoclio, diconsi *bracci della leva*.

Facile è il vedere che, fatta astrazione del peso della leva, la condizione d'equilibrio sarà, che le due forze abbiano una risultante che passi per il punto d'appoggio, il che suppone 1.° che le loro direzioni si trovino in uno stesso piano col detto punto; 2.° che le normali IK, IL, tratte da questo su tali direzioni, sieno proporzionali alle due forze.

Infatti in tal caso le rette AP, AQ risulterebbero proporzionali alle due forze (§ 44), e potrebbero rappresentarle, supponendo trasportato il punto d'applicazione di tali forze in A, il che è permesso, considerate le linee AM, AN come rette rigide e senza peso. Però AR sarebbe la direzione della lor risultante.

60. In teoria possono chiamarsi bracci della leva le due perpendicolari abbassate dal punto d'appoggio sulle loro direzioni: supponendo dunque le due forze giacenti con tal punto in un medesimo piano, la condizione generale d'equilibrio per la leva sarà, *che la potenza e la resistenza stiano nella reciproca dei bracci di leva a cui sono applicate.*

Quanto dunque maggiore sarà la lunghezza di un braccio, tanto minore sarà la forza che vi è applicata, cosicchè non v'ha peso o resistenza che non possa teoricamente equilibrarsi e vincersi col favor di una lunga leva: quinci il celebre ARCHIMEDE soleva dire « *dammi un punto ove poggi, e moverò cielo e terra.* »

61. Ma un'osservazione qui si presenta sul modo di agire di questa macchina, ed è, che descrivendo le estremità de' bracci archi ad essi proporzionali, quanto cresce l'azione della potenza nell'allontanarsi dal punto d'appoggio, tanto pure si aumenta lo spazio ch'essa

fa percorrere al suo punto d'applicazione, il che fa dire che *tanto si perde in tempo, quanto si guadagna in forza:* tal principio si estende alle altre macchine, e si riferisce all'altro conosciuto in meccanica sotto il nome di *principio delle velocità virtuali.*

62. *Principio delle velocità virtuali.* Tal principio si esprime come segue:

Nelle macchine in equilibrio, le due forze stanno nella reciproca degli spazietti che in uno stesso tempo infinitamente piccolo farebbero percorrere nel senso di loro azione e direzione ai punti a cui sono applicate, se l'equilibrio fosse menomamente turbato.

Nei casi più semplici d'equilibrio in virtù di tal principio si verifica, che *la potenza e la resistenza stanno nella reciproca degli spazii finiti contemporaneamente percorsi dai loro punti di applicazione, nel senso della loro azione, in caso di turbato equilibrio.*

Però se le due forze sono due pesi p e p', significando per h e h' le altezze verticali per cui l'uno di questi si fosse abbassato e l'altro alzato, messa per poco in moto la macchina, si avrebbe

$$p : p' :: h' : h ,$$

onde

$$ph = p'h'.$$

L'applicazione di questo criterio alla leva come alle altre macchine semplici è così facile, che ci basterà averlo indicato, qual mezzo pratico ed espedito di trovare il rapporto delle forze p, p', che forma la condizione teorica del loro equilibrio.

63. L'esposta teoria della leva è indipendente dalla situazione del punto d'appoggio, relativamente ai punti

d'applicazione delle due forze. Suolsi chiamar leva di *prima specie* quella, il di cui punto d'appoggio cade tra la potenza e la resistenza (*fig.* 10). Leva di 2.ª quella in cui la resistenza sta fra il punto d'appoggio e la potenza (*fig.* 11). Leva di 3.ª quella in cui la potenza agisce fra il punto d'appoggio e la resistenza (*fig.* 12).

Egli è chiaro che in quest'ultimo caso la leva è sempre a svantaggio della potenza, al contrario della leva di 2.ª specie, che la favorisce.

La leva di prima specie può ugualmente favorire la potenza e la resistenza.

64. Frequente è l'uso di tutte e tre queste specie di leva. Le tenaglie, le cesoie, l'altalena, la stadera, si rapportano alla leva di prima specie. Leve di seconda specie sono i remi, e le spranghe che per solito s'impiegano a smuovere grandi massi, fissandone un'estremità sul terreno, ed applicando la potenza all'altra. Leve infine di terza specie sono le molle, i pedali degli organi, e le stanghe onde si mettono in moto le macchine degli arrotini.

S'impiega poi mirabilmente dalla natura questa specie di leva nella struttura del corpo umano, e non è dubbio ch'essa non sia la più acconcia all'esercizio delle funzioni animali, sebbene la meno atta a coadiuvare in meccanica gli umani sforzi.

65. *Puleggia* o *Troclea.* La puleggia è un disco scanalato nella grossezza del suo contorno per ricevere una fune, mercè cui si fa girare sopra di un perno che lo attraversa nel centro. Se la carrucola o cassa entro cui la puleggia è collocata non può rimuoversi, la puleggia dicesi *fissa*, e *mobile* nel caso contrario.

66. Nella puleggia fissa le due forze P, Q (*fig.* 13 e 14) possono considerarsi applicate normalmente alle estremità di una leva, il di cui ipomoclio sarebbe l'asse della puleggia, mentre i bracci di essa sarebbero i raggi GI, HI.

Questi due bracci essendo eguali, anche le forze dovranno esserlo, epperò in questa macchina *la potenza sarà eguale alla resistenza.*

La puleggia fissa non reca adunque vantaggio alcuno alla potenza, ma può servire a dirigerla a beneplacito.

67. Nella puleggia mobile invece (*fig.* 15) la potenza non sarà che la metà della resistenza, supponendo il caso più vantaggioso, che cioè le due forze agiscano parallelamente. Infatti fissa per un capo T la fune che porta all'altro applicata la potenza P, mentre appesa all'asse è la resistenza R, è facile il vedere, che l'azione della potenza trasmettendosi per intiero al punto fisso T, lo sforzo che questo oppone, può venir rappresentato da una forza eguale alla potenza P, che agisca nel senso HT; ma la resistenza R eguagliando la risultante di queste due forze, risulta equivalente alla loro somma se sono parallele (§ 48); dunque in tal caso la *potenza è eguale alla metà della resistenza.*

68. Se si avesse un complesso di puleggie disposte come lo indica la fig. 16, facilmente si dedurrebbe che la potenza P applicata alla prima fune sta alla resistenza R applicata all'ultima puleggia, come l'unità è a quella potenza di 2 che ha per esponente il numero n delle puleggie mobili. Cioè si avrebbe:

$$P : R :: 1 : 2^n .$$

69. Se poi la stessa fune si avvolgesse a puleggie mobili e a puleggie fisse, o *di rimando*, combinate come lo indica la fig. 17, rappresentando per *n* il numero delle prime, si avrebbe :

$$P : R :: 1 : 2n$$

cioè la potenza starebbe alla resistenza come l'unità al doppio numero delle puleggie mobili.

70. *Argano* o *Verricello*. È il verricello un cilindro orizzontale infisso ad una ruota munita alla periferìa di caviglie o piuoli per i quali si fa girare cilindro e ruota, mentre una fune che s'avvolge al cilindro stesso solleva un peso. Sovente invece della ruota s'applica al cilindro una manovella.

71. Se il cilindro sia verticale, allora la macchina prende il nome di *argano*, e invece di essere armata di ruota o manovella, porta infitte delle spranghe, per le quali si fa agir la potenza. Nella fig. 18, che si riferisce al primo caso, la potenza è rappresentata da un peso.

In ambedue i casi sta *la potenza alla resistenza, come il raggio del cilindro al raggio della ruota.* Infatti la potenza e la resistenza possono riguardarsi agire perpendicolarmente alle estremità di due bracci di leva, che sarebbero il raggio della ruota per la prima, e quello del cilindro per la seconda.

72. *Piano inclinato.* Un piano che faccia un angolo coll'orizzonte dicesi *piano inclinato.* Abbiasi un corpo col centro di gravità in G (*fig.* 19), rattenuto sul piano inclinato AB da una forza P che agisca in direzione parallela allo stesso piano. Rappresentata la gravità

del corpo, ossia la resistenza R per la verticale GI, e decomposta in due forze, l'una normale, e l'altra parallela al piano, e perciò compiuto il parallelogrammo GLIK, è evidente che la prima espressa da GK rimarrà pienamente distrutta dal piano stesso, che si suppone indefinitamente resistere, e che perciò ad impedire che il corpo ruzzoli, basterà far equilibrio alla seconda forza GL. Dunque la potenza P dovrà esserle eguale e direttamente opposta, e starà al peso del corpo come GL : GI : ma per la similitudine dei triangoli ABC, GLI si ha GL : GI : : AB : AC ; *dunque la potenza starà alla resistenza come l'altezza alla lunghezza del piano.*

73. Se la potenza fosse diretta parallelamente alla base del piano inclinato, si troverebbe, decomponendo la resistenza in due forze, una perpendicolare al piano, l'altra parallela alla base, che *la potenza starebbe alla resistenza come l'altezza alla base del piano inclinato.*

74. *Vite.* È la vite (*fig.* 20), un cilindro rivestito di spire salienti, e munito di una chiocciola, ossia madre vite scanalata internamente in modo, che i cavi di essa vengono esattamente occupati dalle spire del cilindro medesimo. La vite può esser fissa, essendo mobile la chiocciola, o viceversa: in ambi i casi trasmettesi l'azione della potenza, applicandola perpendicolarmente all'asse del cilindro, e all'estremità di una leva o manovella che fa girare e scorrere uno dei due pezzi lungo le spire dell'altro. La teorica di questa macchina strettamente connessa a quella del piano inclinato dimostra che *la potenza sta alla resistenza come l'altezza del passo della vite, ossia dell'intervallo*

delle spire, alla circonferenza che ha per raggio la manovella.

75. Tal ragion d'equilibrio può d'altronde derivarsi immediatamente dalla regola prestabilita relativa alla reciproca proporzione in cui stanno nelle macchine la potenza e la resistenza alli spazii, cui tendono a far descrivere ai loro punti d'applicazione (§ 62). Infatti è facile di osservare, che nel tempo in cui l'uno dei due pezzi della vite s'alza o s'abbassa per l'altezza del passo, la potenza percorre uno spazio che preso orizzontalmente eguaglia la circonferenza accennata.

76. Non faremo l'applicazione della regola stessa alle altre macchine semplici sopra dichiarate, ciò non ammettendo difficoltà, come già fu osservato (§ 62).

77. La sinquì esposta teoria delle macchine non discorderebbe dalla pratica delle medesime, e lo stato del loro equilibrio sarebbe pur lo stato prossimo al moto, astraendo dagli attriti, dalla resistenza dei mezzi, e dalla rigidezza dei canapi. Se non che il complesso di questi inevitabili ostacoli fa sì, che la potenza assegnata dalla teoria, mentre risulta eccessiva per il semplice equilibrio delle macchine, deve invece notevolmente aumentarsi per metterle in movimento.

CAPO III.

PRINCIPII DI DINAMICA.

Moto semplice.

78. La dinamica tratta del moto.

Il moto distinguesi in *semplice* e *composto* secondochè è prodotto da una o più forze.

Due circostanze si considerano in un moto qualunque, la direzione e la velocità: però il moto si distingue ancora in *retto* e *curvilineo*, *uniforme* e *vario*.

79. *Indole e misura delle forze.* Le forze si distinguono teoricamente in *istantanee* e *continue*, *costanti* e *variabili*.

80. In natura non si hanno propriamente che forze continue, giusta l'adagio che la natura non agisce saltuariamente. L'urto stesso d'un proiettile, e le pressioni che ne conseguono, compionsi in un tempo brevissimo, ma non infinitesimo.

81. Nel caso ideale di forze instantanee capaci di imprimere una velocità finita ad un corpo, la loro intensità si misura dalla *quantità di moto*, ossia dal prodotto della massa per la velocità (§ 88). Però si pone $f=mv$; f, m, v rappresentando rispettivamente la forza, la massa e la velocità.

82. Una forza continua considerata come producente il moto in una massa dicesi *forza motrice*, e la sua intensità attuale è proporzionale al prodotto della massa stessa per l'aumento di velocità che produce in un istante infinitamente piccolo.

83. Considerata la forza motrice nell'unità di massa, dicesi *forza acceleratrice*; e considerata la stessa forza come risolventesi in un semplice sforzo, o distruggentesi contro un piano fisso perpendicolare alla sua direzione, prende il nome di *pressione*.

84. Così il peso d'un corpo non è che lo sforzo del corpo a cadere, dovuto alla forza di gravità, e risulta proporzionale al prodotto gm della gravità stessa per la massa, o se il corpo è omogeneo al prodotto gdv delle gravità per la densità ed il volume, per esser la massa eguale al volume moltiplicato per la densità o quantità di massa contenuta nell'unità di volume (§ 89).

85. *Moto rettilineo uniforme.* Il moto rettilineo uniforme è quello in cui la direzione e la velocità rimangono costanti. Però in tal moto a *tempi eguali corrispondono spazii eguali, e a tempi qualunque spazii proporzionali a questi tempi.*

86. Infatti la velocità in meccanica, come nel comune linguaggio, viene espressa dal numero stesso che esprime lo spazio ch'essa è capace di far percorrere nell'unità di tempo. Così la velocità di uno, due, tre piedi ecc. per minuto secondo rappresentasi dai numeri 1, 2, 3 ecc. Da ciò consegue che se la velocità non cangia, nè anco cangia lo spazio ch'essa fa percorrere in ciascun secondo, sicchè quanti sono i secondi, altrettante volte un tale spazio è percorso, e non si ha che a moltiplicare questo spazio per il numero dei secondi, ossia la velocità per il tempo, onde avere lo spazio totale percorso in tal tempo: nel che sta appunto la proporzionalità tra il tempo e lo spazio.

87. Le accennate relazioni possono esprimersi colla formola

$$s=vt,$$

dove s, v, t rappresentano rispettivamente lo spazio, il tempo e la velocità.

Però si vede che, date due di queste quantità, la terza rimane determinata.

88. *Moto uniformemente accelerato.* Il moto uniformemente accelerato è quello in cui la velocità cresce in proporzione del tempo. Da questa proprietà si deduce quest'altra, che in tal moto lo spazio cresce in proporzione dei quadrati del tempo e della velocità.

Infatti lo spazio percorso in un dato tempo da un mobile in virtù d'una velocità nascente, e che cresce con uniformità, è manifestamente la metà di quello che percorrerebbe nel tempo stesso in virtù della velocità acquistata in tal tempo, per essere questa velocità finale doppia della media di tutte le velocità che animano il mobile nei successivi istanti del di lui moto.

Però l'accennato spazio eguagliando la metà del prodotto della velocità finale per il tempo, sarà proporzionale al prodotto intero di queste due quantità, e quindi al quadrato dell'una o dell'altra, per esser le medesime proporzionali fra loro.

Pertanto rappresentando i tempi coi numeri naturali 1, 2, 3, 4, 5 ecc., gli spazii saranno rappresentati dai quadrati di questi numeri 1, 4, 9, 16, 25 ecc., e le velocità finali da questi stessi numeri duplicati 2, 4, 6, 8, 10 ecc.

89. Si possono di leggeri le accennate verità dedurre algebricamente ponendo

$$v=gt$$

$$s=\frac{1}{2}vt\,,$$

dove v, t, s rappresentano la velocità, il tempo e lo spazio, e g la forza acceleratrice la gravità espressa nella velocità prodotta nell'unità di tempo (§§ 73, 74).

La prima di queste equazioni esprime manifestamente la proporzionalità diretta tra la velocità e il tempo, e la seconda significa, che lo spazio è eguale alla velocità media moltiplicata per il tempo.

Ora da queste due equazioni si traggono le seguenti:

$$s=\frac{1}{2}gt^2$$

$$s=\frac{v^2}{2g}\,,$$

che esprimono evidentemente la duplice proporzionalità sopra dichiarata degli spazii ai quadrati dei tempi e ai quadrati delle velocità.

Facendo $t=1$ queste equazioni danno

$$v=g$$

$$2s=g.$$

Dal che si deduce, che la gravità è espressa dalla velocità comunicata nell'unità di tempo, ossia dal doppio spazio percorso in tal tempo.

90. *Caduta dei gravi.* Al moto uniformemente accelerato appartiene prossimamente la caduta dei gravi, come lo provò Galileo. Prima di questo filosofo, dal vedere certi corpi a cadere da eguale altezza in tempi ineguali, credeasi che la gravità fosse in essi diversa. Ma una serie di esperienze ch'ei fece col lasciar cadere dalla cima del campanile di Pisa globi eguali di sostanze diverse, lo convinsero, che al solo ineguale ritardo che questi soffrir dovevano dalla resistenza dell'aria, era da attribuirsi l'accennato divario.

91. Lo stesso oggidì si dimostra elegantemente col far piombar dall'alto di un tubo di cristallo vuotato d'aria minuzzoli di sostanze, quali pesanti, e quali leggerissime, che tutte giungono a percuotere il fondo simultaneamente.

92. Dedotte pertanto le teoriche leggi del moto uniformemente accelerato sull'ipotesi d'una forza acceleratrice costante, si fece Galileo a dimostrare, come queste si verificavano appuntino nella discesa dei gravi lungo un piano inclinato, e quinci come convenir dovevano alla libera loro caduta. Perocchè la *gravità relativa*, ossia lungo il piano, conservando un costante rapporto colla *assoluta*, che è quello dell'altezza alla lunghezza del piano, dovea bensì produrre una discesa sul piano stesso più lenta della discesa verticale, ma non alterare le leggi della discesa medesima; laonde l'uno e l'altro moto dovea considerarsi come uniformemente accelerato.

93. Del resto siffatte leggi della caduta dei gravi si dimostrano oggidì sperimentalmente e con molta esattezza, mercè l'ingegnosa macchina dello inglese Athwod, che consiste in una mobilissima puleggia, con avvolto

ad essa un filo di seta, che porta appese due masse metalliche eguali ed equilibrantisi (*fig.* 21).

È manifesto che se ad una d'esse si aggiunga un piccolo peso, l'azione della gravità lo determina a scendere, ma dovendo questa mettere in moto le altre due masse colle quali è congiunto, la velocità che gli imprimerebbe, se fosse libero, rimarrà scemata nel rapporto della di lui propria massa alla massa totale posta in movimento.

Si sa che un grave cade dall'altezza di circa 16 piedi inglesi in un secondo. Se dunque il rapporto accennato sia di 1 a 64, tale altezza non sarà più che di 3 pollici, e di 4 piedi in 4 secondi, invece di 256.

94. *Ascesa verticale dei gravi.* Leggi inverse a quelle della caduta dei gravi governano la loro ascesa, quando sono spinti verticalmente, nel qual caso il loro moto risulta *uniformemente ritardato*, e gli spazii che restano a descrivere sono come i quadrati dei tempi residui e delle velocità. E siccome quivi la gravità produce decrementi di velocità successivi eguali agli incrementi che cagionerebbe nella caduta, si deduce, che per spingere un corpo ad un'altezza determinata, è necessario imprimergli una velocità iniziale pari a quella che acquisterebbe, cadendo dall'altezza medesima, ossia pari alla velocità *dovuta a quest'altezza.*

95. *Gravitazione.* La gravitazione è quella famosa legge scoperta da Neuton, per cui *i corpi si attirano mutuamente in ragione diretta della loro massa, e inversa del quadrato delle distanze.*

La *gravità terrestre* non è che un caso particolare di questa *attrazione universale* o neutoniana.

Prova il calcolo, che l'attrazione di un globo formato di strati sferici omogenei, o di uno qualunque di questi strati sopra un corpo esteriore, si esercita come se partisse dal centro, e come se tutta la sua massa fosse in tal centro riunita.

Ed è pure una deduzione di meccanica razionale, che uno qualunque di questi strati non ha azione sopra di un punto interiore, e che quindi l'attrazione esercitata da una sfera solida omogenea sopra un punto collocato nell'interno di essa, è proporzionale alla distanza di tal punto dal di lei centro.

96. *Discesa dei gravi per piani inclinati e per linee rette e curve.* Un grave che discenda sopra d'un piano inclinato si muove con moto uniformemente accelerato, ed *ha in ogni punto la stessa velocità che avrebbe, se ivi fosse disceso verticalmente.*

Infatti la gravità relativa può al par dell'assoluta riguardarsi come costante: inoltre queste forze, come le velocità per esse acquistate, come gli spazii per esse percorsi in egual tempo da due gravi cadenti l'uno per la verticale, l'altro per un piano inclinato qualunque, *sono fra loro come la lunghezza all'altezza del piano.*

97. Mentre dunque un grave cadendo per l'altezza 1, in un certo tempo acquisterebbe la velocità v, scendendo su d'un piano inclinato la cui altezza fosse 1 e la lunghezza 2, percorrerebbe nel tempo stesso lo spazio $\frac{1}{2}$ acquistando la velocità $\frac{v}{2}$, e però lo spazio quadruplo 2, ossia tutta la lunghezza del piano in un tempo doppio, acquistando la velocità v doppia di $\frac{v}{2}$ e dovuta all'altezza 1.

E similmente se la lunghezza fosse tripla, percorrerebbe su questa nel tempo accennato lo spazio $\frac{1}{3}$ acquistando la velocità $\frac{v}{3}$, e in un tempo triplo lo spazio nove volte maggiore 3, cioè la lunghezza del piano, acquistando sempre la velocità v ecc.

98. Anche queste proprietà possono facilmente dedursi col calcolo facendo uso delle formole del paragrafo (89).

Infatti si avrebbe per la velocità v dovuta ad una altezza qualunque a

$$v=\sqrt{2ga}:$$

e per la velocità v' acquistata lungo un piano inclinato di tale altezza e di una lunghezza l

$$v'=\sqrt{2g'l},$$

g' rappresentando la gravità relativa, ossia la componente parallela al piano della gravità assoluta.

Ma la gravità relativa sta all'assoluta come l'altezza alla lunghezza del piano, dunque ponendo

$$g':g::a:l,$$

si avrebbe

$$g'=\frac{ga}{l},$$

e sostituendo

$$v'=\sqrt{2ga}=v.$$

Il che dimostra, che le due velocità dovute alla discesa libera e alla discesa lungo il piano, sono eguali.

E similmente si avrebbe indicando i tempi delle due discese con t e t'

$$v=gt$$

e $$v'=g't'$$

ma $$v=v'$$

dunque $$gt=g't'$$

ossia $$t:t'::g':g$$

ma $$g':g::a:l$$

dunque $$t:t'::a:l.$$

Che dice appunto, stare gli anzidetti tempi nella reciproca dei rispettivi spazii percorsi.

99. Una curva, constando di elementi o latercoli rettilinei infinitesimi fra loro inclinati d'un angolo di *contingenza* pure infinitesimo, non dà luogo ad apprezzabile perdita di velocità per solo fatto di tale inclinazione, quando un mobile passa da un latercolo all'altro; e però il moto vi sarebbe uniforme, astraendo da ogni forza continua. Ma se il mobile è sollecitato dalla gravità, siccome su tutti gli elementi infinitesimi della curva si move con moto uniformemente variato, così s'applica a questo moto come a quello sui piani inclinati la stessa legge, per cui la velocità del mobile in ciascun punto del suo cammino curvilineo è

quella stessa che avrebbe, se a quel punto fosse disceso o salito verticalmente.

Moto composto.

100. Il moto composto risulta dall'azione di più forze variamente dirette, e si compie con tal legge, che il suo effetto finale s'identifica con quello che produrrebbe l'azione successiva delle forze contemporanee (§ 42).

Se i rapporti tra le forze si serban tali, che la direzione della loro risultante non cangi, il moto risulterà rettilineo: in ogni altro caso sarà curvilineo, o poligonale, o mistilineo.

101. *Moto libero curvilineo. Gravi proietti.* Per il moto libero curvilineo si richieggono almeno due forze, una delle quali deve essere continua. L'esempio più semplice ne è quello di un grave scagliato nel vacuo obbliquamente alla verticale in virtù d'una impulsione primitiva.

Tirata la linea di proiezione RS (*fig.* 22), si prendano su questa i punti equidistanti 1, 2, 3, 4, 5, ecc., ai quali il mobile perverrebbe alla fine dei tempi rappresentati da questi numeri in virtù della velocità inizialmente datagli dalla forza di proiezione; similmente si segnino sulla verticale RI coi numeri 1, 4, 9, 16, 25 i punti ai quali giungerebbe il mobile stesso, cadendo liberamente, alla fine di detti tempi. I punti A, B, C, D, E ecc. ottenuti per la costruzione dei parallelogrammi RA, RB, RC, RD, RE ecc. apparterranno alla curva o traiettoria descritta dal mobile, che risulta essere la così detta *parabola* dai geometri.

Tal costruzione è un risultato manifesto del principio sopra stabilito intorno al moto composto applicato alle forze acceleratrici o continue, che diversi moti simultaneamente impressi a uno stesso corpo si compongano di maniera che il corpo si trovi trasportato alla fine di ciascun istante, laddove lo trasporterebbero cotesti moti se si compissero realmente e separatamente sopra il medesimo.

Così lasciando cadere un corpo dall'albero d'una nave, va tal corpo a colpirne il piede comecchè la nave cammini: è perchè il suo moto verticale (come i moti parziali e rispettivi che si compiono sulla nave), si combina col moto della nave stessa, che deve tenersi in conto per dar ragione del suo moto assoluto. Sebbene la parola assoluto non sia qui applicabile, che nell'ipotesi della immobilità della terra: ma la terra in realtà si move girando intorno al sole e intorno a se medesima, e forse il sole istesso non è immobile nella sua sede. Cosicchè può dirsi non essere in sostanza che relativi i moti per noi osservabili, e inetti a farci giudicare della vera situazione dei corpi e dei loro traslocamenti nello spazio assoluto.

102. L'accennata costruzione suppone, come si vede, che la gravità, oltre d'esser costante, agisca parallelamente a se stessa. Or propriamente la gravità terrestre che dirigesi verso il centro, se non nel centro stesso della terra, cangia d'intensità non solo, ma di direzione eziandio nei varii luoghi e alle varie altezze. Tuttavia succede dipendentemente dalla grandezza della mole terracquea, che quantunque non vera, pure l'accennata ipotesi applicata ai moti per noi os-

servabili alla superficie del globo, porgerebbe nel vacuo risultati grandemente prossimi al vero. Senonchè la resistenza dell'aria altera non poco la forma della traiettoria, e ne complica assai la teorica.

103. *Moto centrale.* Dicesi centrale un moto prodotto da una forza d'impulsione primitiva, e da una forza continua tendente ad un centro fisso. Tal è il moto della terra e de' pianeti intorno al sole. La forza centrale è quivi quella di gravitazione.

Però i moti celesti hanno la forma elittica, che appartiene ad una delle tre curve, dette *coniche* dai geometri. Il circolo non sarebbe che un caso particolare della elisse.

La forza centrale dicesi anche *centripeta*, per esser quella che di continuo fa deflettere il mobile dalla sua attuale direzione, vincendo la di lui tendenza a persistervi, tendenza rappresentata da una forza eguale e contraria, detta *centrifuga.* Lo sforzo dei fili d'una fionda può darci un'idea di queste due forze.

104. A meglio scorgere come si produca questa specie di moto, suppongasi il mobile attratto verso il centro O (*fig.* 23) da una forza continua, e spinto nella direzione RS da una forza istantanea. Rappresentati per RS e RC gli spazietti che in un tempo infinitesimo il medesimo percorrerebbe in virtù di queste due forze, se agissero separatamente, RR' sarà la diagonale realmente da esso percorsa in virtù delle loro azioni contemporanee. Ma giunto il mobile in R' invece di progredire nella sua attuale direzione col percorrere lo spazio R'S', è di nuovo obbligato a defletterne dalla forza centrale. Quindi espresso per R'C' lo spazietto che questa gli farebbe percorrere se fosse

sola, e costrutto il parallelogrammo delle forze, si avrà la seconda diagonale percorsa nel secondo tempuscolo. Così si vede, che ad ogni tempuscolo successivo corrisponde una diagonale infinitesima, e che la successione di tutte queste diagonali forma la traiettoria descritta dal mobile, la quale giace necessariamente nel piano della forza di proiezione primitiva RS e del centro attraente.

Come si scorge, le linee RC, R'C' ecc. esprimenti l'azione della forza centrale, sono eguali alle R'S, R"S', ecc. che rappresentano la forza centrifuga.

105. Nel moto *circolare* la forza centrifuga *sta in ragion diretta del raggio, e inversa del quadrato del tempo periodico*, ossia di rivoluzione, per una stessa massa circolante. E per masse diverse le loro forze centrifughe stanno in ragion diretta delle masse medesime, a raggio e tempo periodico eguale.

Infatti mentre il mobile percorre uniformemente un piccolissimo arco, la forza centrifuga gli farebbe percorrere, se agisse sola, il segmento adiacente alla sua corda con moto uniformemente accelerato. Supponendo dunque tal forza espressa dall'incremento costante di velocità, che coll'attuale sua intensità produrrebbe ad ogni successiva unità di tempo, si avrebbe, chiamando f questa forza applicata all'unità di massa, t il tempo, e x lo spazio

$$x=\frac{1}{2}ft^2 \quad \ldots\ldots\ldots (89),$$

e però chiamando s il segmento accennato, e τ il

tempo necessario a percorrerlo

$$s=\frac{1}{2}f\tau^2 ,$$

d'onde si trae

$$f=\frac{2s}{\tau^2} .$$

Ma la corda è media proporzionale tra il segmento e il diametro, dunque si avrà, indicando la corda per c, e il doppio raggio o diametro per $2r$

$$c^2=2rs ,$$

donde

$$s=\frac{c^2}{2r} ,$$

e sostituendo tal valore nella espressione di f

$$f=\frac{c^2}{r\tau^2} ;$$

e siccome l'arco sostituito alla sua corda (sostituzione permessa giacchè l'arco è piccolissimo) sta al tempo τ impiegato a percorrerlo, come l'intiera circonferenza espressa da $2\pi r$ sta al tempo periodico; indicando quest'ultimo per T, si avrebbe

$$\frac{c^2}{\tau^2}=\frac{4\pi^2 r^2}{T^2} ,$$

e sostituendo nel valore di f

$$f=\frac{4\pi^2 r}{T^2},$$

ovvero

$$F=mf=\frac{4\pi^2 mr}{T^2},$$

m essendo la massa circolante, e F la sua forza centrifuga: la qual formola esprime precisamente i sopraenunciati teoremi.

106. Questi teoremi che si deducono col calcolo, sono pur conformi ai risultamenti delle esperienze.

Così facendo girare una bacchetta orizzontale con infilzate in essa due sfere riunite da un cordoncino di seta, queste si equilibrano soltanto, se essendo eguali, equidistano dal centro o asse di rotazione, o se essendo ineguali, le loro distanze da tal centro sono reciproche alle lor masse.

107. *Pendolo.* Un grave sospeso e mobile intorno ad un asse orizzontale dicesi pendolo. Teoricamente si distingue in *semplice* e *composto*. Il semplice consterebbe di un punto materiale appeso ad un filo inestensibile e privo di gravità. Il composto è quello che si realizza fisicamente, e sempre risulta di parti aventi peso e massa determinata. Proprio di questo apparato è quel moto oscillatorio, che concepisce intorno alla sua posizione di quiete, quando stornato da questa si abbandona in balìa della gravità. Una qualità rimarchevole di siffatte oscillazioni, oltre quella della loro perpetuità teorica, si è l'*isocronismo*, ossia la eguale durata delle medesime, comecchè ineguali in ampiezza. La scoperta di un così

singolare risultamento è una delle prime fatte da Galileo, e vi diè luogo il moto di una lampada in una Chiesa di Pisa.

108. La causa di un tale fenomeno dee ripetersi, dacchè se il pendolo più si scosta dalla sua posizione di quiete e s'alza nell'arco che percorre, più rapida eziandio comincia ad ogni volta la sua caduta, stante la obbliquità del filo di sospensione alla direzione delle gravità (*fig.* 24), la cui azione rimane però meno distrutta dal filo stesso. Sebbene a rigore, il compenso tra il maggior cammino e il più forte acceleramento, non succeda quivi, che approssimativamente, e quando l'ampiezza delle oscillazioni non è molto grande, e solo si verifichi esattamente nel moto per la *cicloide*, la cui proprietà di curva isocrona applicò il celebre Ugenio alla regolarizzazione degli orologi.

109. Ma ciò che rende il pendolo uno strumento di somma importanza per l'astronomia e la geografia, si è il rapporto che hanno le circostanze del di lui moto, colla intensità della forza che lo produce. Risulta infatti che *la durata delle oscillazioni per archi minimi sta nella ragione diretta della radice quadrata della lunghezza del pendolo, e inversa della radice quadrata della gravità.* Se però si facciano oscillare insieme due pendolini, un de' quali abbia una lunghezza quadrupla di quella dell'altro, si vedrà, che il più breve compie un numero doppio di piccole oscillazioni nel medesimo tempo.

110. L'accennata legge si esprime con la seguente formola

$$t=\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

dove t, l, g rappresentano rispettivamente la durata d'una oscillazione, la lunghezza del pendolo, e la intensità della gravità, e π la circonferenza il cui diametro è l'unità: or traendo da questa espressione il valore di g si ha

$$g = \frac{\pi^2 l}{t^2} .$$

Il che dimostra che facendo oscillare il pendolo sui varii punti del globo, col dare al medesimo la lunghezza voluta perchè compia nello stesso tempo uno stesso numero di oscillazioni, l'intensità della gravità in questi punti risulterebbe proporzionale a tale lunghezza.

111. Questo risultamento teorico non incontrerebbe difficoltà nella sua applicazione, se potesse realizzarsi il concetto del pendolo semplice, la cui lunghezza sarebbe immediatamente somministrata da quella del filo di sospensione. Ma in pratica consta sempre il pendolo di particelle pesanti collocate a varia distanza dal centro del moto, le quali oscillano insieme solo per essere insieme connesse. Perciò succede che le particelle più prossime a questo centro, le quali oscillerebbero più rapidamente se fossero sciolte, son ritardate nei loro moti dalle più lontane, e queste viceversa sono dalle prime rese più celeri di quel che sarebbero se ne fossero disgiunte; mentre havvi fra le une e le altre un punto intermedio detto *centro di oscillazione*, che oscilla come se fosse libero, cioè come un pendolo semplice. È però la distanza di tal punto da quello di sospensione, detta *lunghezza di*

oscillazione, che determinano e assumono i geometri per la lunghezza del pendolo, lunghezza ben diversa, come si scorge, da quella che limita il suo volume. Può tal lunghezza con qualche approssimazione ottenersi praticamente, prendendola eguale a quella di un pendolino formato da un globetto metallico appeso ad un filo sottile che si allunga o raccorcia, finchè oscilla insieme col pendolo dato. Ma con più di precisione, mercè di un processo fondato sulla proprietà che hanno i due centri di sospensione e di oscillazione di poter essere sostituiti l'uno all'altro, senza che cangi la durata delle oscillazioni. Ciò riduce la ricerca del centro d'oscillazione a quella di due punti, che godono dell'accennata proprietà, il che può farsi sperimentalmente.

112. Dopo ciò s'intende, come i soprastabiliti rapporti tra le oscillazioni del pendolo e la gravità, abbiano potuto gettar nuovo lume sulle dottrine riguardanti la figura, e la rotazione della terra. Se infatti la terra gira intorno al proprio asse, deve svilupparsi per questo moto una forza centrifuga, capace di far perdere ne' corpi una parte del loro peso; e mostra il calcolo che tal perdita, all'equatore adeguar dovrebbe la $\frac{1}{249}$ parte di ciò che pesano ai poli. Non si può un tale risultamento verificare colla bilancia, cioè coll'opporre un peso ad un altro, bensì lo si potrebbe confrontando tal peso con una forza su cui la centrifuga non avesse alcuna influenza, per esempio con quella di un elastico, se il pendolo non ne somministrasse un altro mezzo sicuro. Senonchè dalle osservazioni fatte con questo strumento raccogliesi, essere l'accennata perdita la $\frac{1}{194}$ parte del peso ai poli, non già

la $\frac{1}{249}$, il qual divario è assai notevole, per dar sospetto, che qualche altra fisica cagione oltre la forza centrifuga, concorra ad alterare il peso de' corpi. Si ha infatti da misure positive, che la terra è schiacciata ai poli, e calcolano i Geometri essere ciò appunto la vera cagione della differenza trovata fra i due sopra riportati risultamenti. Cosicchè questa stessa apparente discordanza diverrebbe una nuova e singolare conferma della rotazione della terra, supponendo lo schiacciamento di questa un effetto della rotazione medesima.

Urto dei corpi.

113. *Corpi non elastici.* Supponghiamo in primo luogo due sfere compressibili, ma non elastiche, e spinte nel medesimo senso. È evidente, che dopo l'urto si costituiranno in una comune velocità tale, che la quantità di moto delle lor masse riunite equivarrà alla somma delle quantità onde erano animate prima di urtarsi. Se per esempio siano le masse delle due sfere espresse da 1 e 3, e le loro velocità rispettivamente da 4 e 8, la totale quantità di moto dopo l'urto darà 28, e però la velocità comune $\frac{28}{4}$ ossia 7: se poi le due sfere si avanzassero in senso contrario, la quantità di moto della massa totale adeguerebbe dopo l'urto la differenza delle quantità che avean luogo prima dell'urto, e sarebbe la velocità comune $\frac{20}{4}$ ossia 5.

114. *Corpi elastici.* Supponendo le sfere elastiche, la stessa ripartizione di moto avrà bensì luogo nel loro urto, e finchè si comprimono, come nel caso di niuna elasticità;

ma appena l'urto cessato, e cessata con esso ogni mutua compressione, le due sfere compresse ripiglieranno la loro pristina forma con una successione di sforzi eguali e diametralmente opposti a quelli sofferti durante la compressione. Quindi è, che la velocità in tale compressione perduta dalle due sfere verrà restituita in contrario verso ad entrambe dalla forza di risalto eguale alla comprimente. Il che torna a dire, che la velocità dei due corpi *risulterà eguale alla differenza algebrica tra il doppio della velocità che acquisterebbero se non fossero elastici, e la loro velocità primitiva.* Così nell'esempio sopra riportato, la velocità comune che ha luogo nell'urto, fu trovata per le due sfere di 7, supponendole spinte verso la stessa parte. Le velocità da esse perdute sarebbero dunque rispettivamente di 8-7, ossia 1, e 4-7 ossia -3; epperò riprendendo le due sfere in contrario senso tali velocità, ne risulteranno in esse le velocità finali 7+3 ossia 10 e 7-1, ossia 6: or si vede che i numeri 10 e 6, sono appunto le differenze tra 14 e 4, e tra 14 e 8.

Potrà un simile calcolo applicarsi a qualunque altro caso: così si troverebbe che *due globi eguali ed elastici urtandosi, barattano vicendevolmente le loro velocità*, rimbalzando con tali velocità permutate se vengano ad incontrarsi da parti opposte, o movendosi nel senso di prima, se si movevano nel medesimo senso. Che quindi se varie sfere d'avorio eguali fossero disposte in fila e contigue, ed un'altra sfera pure eguale venisse ad urtare la prima di tal serie, resterebbero tutte in quiete, tranne la estrema, che prenderebbe a moversi con tutta la velocità della sfera urtante.

115. *Moto riflesso.* Al proposito dell'urto dei corpi, considereremo in ultimo quello di una sfera, che venga a percuotere un piano resistente : è evidente che in simil caso la velocità primitiva del mobile dopo l'urto si troverà ridotta alla sua componente parallela al piano, lungo cui esso striscerebbe con tale velocità residua, e senza scostarsi dal *piano d'incidenza,* che è il piano tratto per la direzion primitiva perpendicolarmente al piano resistente. L'altra componente diretta nel senso della *normale* al piano ne resterebbe evidentemente distrutta.

Ma se il mobile fosse elastico, questa stessa componente distrutta venendo restituita in contraria direzione identicamente, ne avverrebbe che il mobile invece di strisciare sul piano rimbalzerebbe al disopra di esso con una velocità identica alla primitiva, non deviando dal piano d' incidenza, e formando colla normale un angolo pari a quello che con essa formava prima del rimbalzo.

Dunque *quando un corpo elastico viene ad urtare un piano resistente, l'angolo d'incidenza eguaglia l'angolo di riflessione, e i piani d' incidenza e di riflessione coincidono.*

CAPO IV.

PRINCIPII |D' IDROSTATICA.

Liquidi omogenei.

116. L'idrostatica tratta dell'equilibrio dei liquidi. I suoi teoremi si fondano sullo stesso fisico carattere della

liquidità, che consiste nella mobilità estrema delle molecole liquide.

117. Conseguita infatti da tal proprietà: 1.° che l'equilibrio non può sussistere in un liquido, senza che sussista in ogni minima sua particella indipendentemente dalle altre; 2.° che le pressioni estrinseche esercitate sopra di un liquido si trasmettono egualmente per ogni verso in tutta la di lui massa. Così se si adattino due stantuffi A, B (*fig.* 25) ad un globo ripieno d'acqua, col caricare un d'essi d'un peso, bisogna, affinchè l'altro non salti fuori, gravarlo d'un peso, o premerlo con sforzo proporzionale alla di lui base paragonata alla base del primo stantuffo, astraendo dalla gravità del liquido. È per questa egualità di pressione che un globicino di vetro può esser fortemente compresso dentro una vescica piena d'acqua senza che ne resti franto.

118. Da questi assiomi teorici insieme e sperimentali si deduce quest'altro, che la superficie libera o di livello di un liquido equilibrato soffre in tutti i suoi punti una pressione nulla o costante, e perpendicolare alla superficie medesima.

Se infatti tal pressione agisse obbliquamente sopra una molecola qualunque superficiale, questa, per la sua mobilità, scorrerebbe sulla superficie liquida contro l'ipotesi dell'equilibrio, e se non fosse costante ed eguale su tutti i punti, i più premuti trasmetterebbero le loro pressioni eccessive a quelli che lo sono meno, attraverso la massa liquida, e renderebbero del pari impossibile l'equilibrio.

119. Dunque per un liquido stagnante o in riposo preso entro limiti poco estesi, potendo le direzioni della

gravità ravvisarsi come parallele, la superficie di livello *sarà un piano orizzontale* : e per grandi laghi o tratti di mare, tal superficie riescirà concentrica a quella del globo, astraendo da ogni causa perturbatrice *cosmica* o *terrestre*.

120. Da ciò si raccoglie il perchè nei serbatoi o tubi comunicanti (*fig.* 26), come sarebbero i bracci d'un sifone, l'acqua si libri sempre ad altezze eguali.

121. Una bella applicazione di questa legge idrostatica sono i *doccioni* per condurre le acque dalla loro scaturigine ad un luogo egualmente elevato, e la *livella ad acqua*. Si sa, consistere questo strumento in due cilindri di vetro comunicanti con entro un liquido, il cui livello visibile in ambidue, segna una visuale parallela all'orizzonte.

Pressione dei liquidi.

122. *Pressione sul fondo dei vasi*. La pressione che esercita un liquido in riposo sul fondo orizzontale d'un vaso che lo contenga, equivale al peso d'un cilindro o prisma liquido di base eguale al fondo premuto, e di altezza pari a quella del liquido premente. Tal proposizione evidente per un vaso cilindrico o prismatico a pareti verticali, si concepisce eziandio per un vaso di figura qualunque. Infatti risulta dai prestabiliti assiomi, che l'equilibrio in un sifone non sarebbe punto turbato, comunque si supponesse tramutata la forma di uno de' suoi bracci, a partire da qualsiasi sezione orizzontale di esso, purchè le due colonne liquide serbassero sempre altezze fra loro eguali. Dunque la pressione esercitata su tal sezione dalla colonna

soprastante rimarrebbe pur sempre eguale a se stessa, epperò eguale a quella che avrebbe luogo se tal colonna fosse prismatica.

123. *Pressioni sulle pareti laterali.* La pressione sofferta da una porzion di parete qualunque equivale al peso d'un prisma liquido avente per base la parete premuta, e per altezza la distanza del centro di gravità di tal parete dalla superficie di livello.

Ragguagliando infatti la pressione ad un prisma retto di base pari alla parete premuta, è manifesto, che l'altezza di tal prisma non può che essere maggiore della minima delle distanze, a cui stanno i varii punti di tal parete dal piano di livello, e minore della massima.

Or si trova che la vera altezza da assumersi, è appunto corrispondente alla distanza del centro di gravità della parete medesima.

È da questo calcolo delle pressioni, che i pratici derivano le regole relative alla stabilità delle arginature, e alla spessezza da darsi alle pareti dei tubi e dei doccioni destinati alla condotta e distribuzione delle acque.

124. *Paradosso idrostatico.* Un liquido può esercitare una pressione di gran lunga maggiore del proprio peso. Questo teorema in apparenza paradossale, scoperto da Stevin, non è che un corollario manifesto della premessa dottrina sulle pressioni. Indi infatti si raccoglie, come basti che un liquido si conformi dapprima in una sottile ed alta colonna, e si espanda poscia in un'ampia falda e sopra una gran superficie, perchè la pressione su questa ne diventi enorme. Suolsi ciò mettere in evidenza, adattando successivamente reci-

pienti di figura diversa (*fig.* 27) ad uno stantuffo, che loro serva di fondo mobile, rattenuto da un peso cognito. Si osserva, che infondendo in ciascuno dell'acqua, questa fa traboccare il fondo quando giunge ad un'altezza che è la stessa per tutti i recipienti.

Singolari applicazioni e illustrazioni di questo principio sono il torchio idraulico, ed il mantice idrostatico.

Corpi immersi o fluttuanti.

125. *Principio d'*ARCHIMEDE. *Un corpo immerso tutto od in parte in un liquido, perde tanto del suo peso quanto pesa il liquido da esso rimosso*, ossia quanto pesa un volume liquido pari al volume della parte immersa.

Egli è infatti evidente, che il volume del corpo immerso essendo soggetto alle pressioni stesse, dalle quali era equilibrato e come distrutto il peso del liquido rimosso, il di lui peso rimarrà per pari porzione annullato.

A provare collo sperimento questa verità fondamentale, si appende a un braccio della bilancia detta idrostatica (*fig.* 28) un cilindretto cavo di rame, a cui se ne appende un altro solido eguale in volume alla cavità dell' altro, indi si stabilisce l'equilibrio. Fatto allora immerger nell'acqua il cilindro solido, si osserva, che l'equilibrio si rompe, ma si ristabilisce perfettamente riempiuto d'acqua il cilindro cavo.

126. *Equilibrio di un corpo immerso o fluttuante in un liquido*. Perchè un corpo immerso in un liquido sia in equilibrio si richiede che il di lui peso pareggi

quello del liquido rimosso, e che i due centri di gravità del corpo e del liquido rimosso si trovino sulla medesima verticale.

Infatti il corpo immerso o fluttuante può ravvisarsi come sollecitato da due forze verticali e contrarie, l'una che n'è il peso applicata al suo centro di gravità, l'altra equivalente al peso del fluido rimosso, ed applicata al punto che corrisponde al centro di gravità di tal fluido.

L'equilibrio non potrà dunque aver luogo che quando queste due forze saranno eguali, e le loro direzioni coincideranno in una verticale comune.

Conseguentemente se il corpo peserà più di un volume liquido pari al suo, l'equilibrio sarà impossibile, e il corpo dovrà cadere al fondo pel suo peso eccessivo; se sarà più leggiero, si farà galleggiante; e se di egual peso, nuoterà nel liquido senza emergere e senza cadere.

Peso specifico.

127. *Peso specifico.* Una importante applicazione del principio idrostatico d'ARCHIMEDE si fa alla ricerca del peso specifico dei corpi.

Dicesi peso specifico d'una sostanza quel numero astratto, che esprime quante volte è questa più o men pesante ad egual volume d'un'altra presa per termine di confronto. Si addotta per questa l'acqua distillata alla temperatura di 4°.

128. A determinarlo si cerca la perdita di peso che soffre la sostanza esaminata in un tal liquido, colla bilancia idrostatica, e si divide il suo peso assoluto

per tal perdita, il che torna a dividerlo per il peso d'un pari volume d'acqua. Così $7^{g},801$ d'oro pesano nell' acqua $7^{g},415$, che sottratti dal primo numero danno $0^{g},406$, onde deducesi $\frac{7821}{406} = 19^{g},26$ peso specifico del proposto metallo.

129. Per trovare il peso specifico di un fluido si pesa uno stesso corpo in tal fluido, indi nell'acqua distillata, e si notano le rispettive perdite di peso. Dividendo la prima perdita per la seconda, si ha il peso specifico cercato. Ad esprimere in generale il peso specifico conformemente al concetto che ne abbiam dato si pone

$$d = \frac{p}{v},$$

d essendo il peso specifico, p il peso assoluto del corpo che si considera, e v il peso di un volume d'acqua stillata pari al volume di tal corpo, ed espresso dal volume stesso. Il numero d chiamasi anche densità, ma l'unità è quivi diversa da quella che si riferisce alla formola del § 75.

130. *Areometri.* Sulli stessi principii si fondano gli areometri, che servono alla espedita determinazione dei pesi specifici, invece della bilancia idrostatica. Consistono in un piccolo galleggiante dalla cui varia immersione nei diversi liquidi, o dal cui vario peso relativo ad una immersione costante, si rilevano le specifiche gravità dei liquidi stessi.

131. L'areometro di Fahreneit consta d'una boccetta di vetro o metallo, che si termina superiormente in uno stretto collo sormontato da un bacinetto, e inferior-

mente in una pallina con entro un po' di mercurio, che serve di zavorra a tenerlo diritto quando galleggia. È chiaro che immerso prima l'areometro nell'acqua, indi in un altro fluido, e caricato il bacinetto in ambidue gli sperimenti dei pesi necessarii, perchè si affondi fino a uno stesso punto segnato sul suo collo (ciò che dicesi *livellare*), si avrà nell'intiero peso dello stromento così equilibrato in entrambi i fluidi, il peso di un egual volume di essi, e quindi quanto occorre per determinare il peso specifico del secondo fluido.

132. Nikolson modificò l'areometro di Fahreneit (*fig.* 29), munendolo inferiormente d'un secchiolino traforato, mercè cui può anche impiegarsi alla ricerca del peso specifico dei solidi. Tal secchiolino qualche volta è doppio e della forma K o K′ per ricevere i corpi più leggieri dell'acqua.

Però livellasi dapprima lo strumento, collocando il corpo di cui si esplora il peso specifico nel piattellino superiore.

I pesi addizionali necessarii per tale livellamento sottratti dal peso cognito che lo produce da se solo, daranno il peso del corpo esaminato. Tolto indi questo dal piattellino, e collocatolo nel secchio, si livella di nuovo lo strumento coll' aggiunta di altri pesi addizionali. Questi daranno la perdita di peso sofferta dal corpo per la sua immersione nell'acqua, secondo dato necessario per calcolarne il peso specifico.

133. S'adopra anche l'areometro col mantenerne il peso costante, ed allora si giudica delle specifiche gravità dei liquidi dai varii volumi per cui vi si immerge, che sono in ragione inversa di quelle. Lo strumento

ha quivi la forma di un cilindretto graduato terminato inferiormente in bolla, e prende il nome di *pesa-sali*, *pesacidi*, *pesa-liquori* ecc., dalle applicazioni che se ne fanno nelle arti e nel commercio.

134. Volendo usare di mezzi diretti nella ricerca del peso specifico, basterebbe, trattandosi d'un liquido, riempirne una caraffa di vetro e pesarla; pesar poscia la stessa caraffina ripiena d'acqua stillata, e divider l'un per l'altro i due pesi diminuiti del peso cognito della caraffina.

E avendosi un solido, si potrebbe pesarlo dapprima congiuntamente a un vaso pieno d'acqua, indi immergerlo nell'acqua del vaso per cacciarne un volume liquido pari al suo; e poi pesare tal vaso con entro il corpo immerso, onde dedurre dalla differenza delle due pesate il peso di tal volume liquido, per cui si dividerebbe il peso assoluto del corpo.

Per un corpo solubile nell'acqua s'usa un liquido in cui non sia solubile, e se ne deduce il peso relativamente a tal liquido. Si moltiplica poscia tal peso relativo pel peso specifico del liquido, e si ottiene il peso specifico del corpo esaminato.

Liquidi eterogenei.

135. *Equilibrio dei liquidi eterogenei.* Perchè più liquidi di diversa gravità specifica siano in riposo o in equilibrio in un medesimo vaso, devono disporsi in modo che il più pesante sia inferiore al più leggero, e che la superficie che separa l'un dall'altro sia orizzontale. Infatti il liquido più pesante, in virtù del suo maggior peso specifico, non può soprastare a quelli che ne

hanno un minore, e tutti denno non solo farsi equilibrio fra di loro, ma ciascuno deve equilibrarsi con se stesso, e mettersi però di livello.

136. Che se due o più liquidi siano versati in tubi diversi comunicanti, dovranno per l'equilibrio costituirsi ad altezze reciproche alle lor densità, ossia alle loro gravità specifiche. Infatti le pressioni delle loro colonne liquide che si contrastano, non possono altrimenti equilibrarsi, che con essere eguali e contrarie; e non son tali, che quando le altezze delle colonne sono nell' accennata reciproca proporzione colle lor densità. Così la densità dell'acqua sta presso a poco a quella del mercurio : : 1 : 14; dunque questi due liquidi allora saranno in equilibrio nei due bracci d'un sifone (*fig.* 30), quando l'altezza del mercurio sarà 14 volte minore di quella dell'acqua.

CAPO V.

PRINCIPII D' IDRODINAMICA.

137. L' idrodinamica considera i liquidi in movimento. Applicata al corso delle acque, tale scienza prende il nome d'*idraulica*. Le principali ricerche che si rapportano a questa parte della Fisica generale, si fondano sopra il seguente teorema, che dal nome del suo scopritore dicesi teorema di Torricelli.

138. *Teorema di* Torricelli. La velocità con cui un liquido sgorga liberamente da un piccolo orifizio, uguaglia quella che acquisterebbe cadendo dalla suprema superficie dello stesso liquido fino al foro di egresso.

Di fatto i zampilli verticali salgono sempre prossimamente al livello del serbatoio, cui solo non raggiungono, perchè la resistenza dell'aria, e le gocciole che ricadono su quelle che salgono, ritardano il moto del getto ascendente.

139. *Calcolo delle portate.* Dal sopra stabilito teorema si deduce: 1.° che la portata o la quantità di fluido in un dato tempo sgorgata, è in ragion composta dell'area dell'orifizio, e della radice dell' altezza del livello; 2.° che la portata assoluta, supposto costante il livello, equivale ad un prisma aqueo di base eguale all'ampiezza dell'orifizio e di altezza pari allo spazio che un mobile percorrerebbe nel tempo assegnato in virtù della velocità dell'efflusso.

140. Nondimeno il risultamento dell'osservazione è minore di circa tre ottavi di quello che darebbe l' indicato calcolo, supponendo la luce scolpita in lastra sottile: il qual divario è dovuto al ristringimento che succede del getto nel suo uscire dall'orifizio (*fig.* 31), fenomeno conosciuto in idraulica sotto il nome di *contrazione della vena fluida.*

Quindi nell'applicazione della regola Torricelliana, la sezione contratta è quella da assumersi per il vero orifizio, ed allora l'accordo dei risultati teorici con gli effettivi si conserva esattissimo.

141. *Tubi addizionali.* La forma dei tubi aggiunti alla luce di egresso influisce singolarmente sul prodotto dello sgorgo. Si calcola che le portate di una luce 1.° scolpita in lastra sottile, 2.° munita di un tubo cilindrico lungo due o tre diametri della luce stessa, 3.° cavata interiormente a seconda della vena contratta, sono tra loro come i numeri 10, 13 e 16. Usando

d' un tubo conico divergente, la portata si accresce ancora e può divenire maggiore della teorica. Siffatti risultamenti dipendono dall'alterazione che induce il tubo addizionale nella velocità e nella sezione della vena, accrescendo questa, e diminuendo l'altra in minore proporzione.

142. Anche la pressione s' altera colla velocità dipendentemente dalla declività, lunghezza e struttura del tubo addizionale. Può infatti accadere in un lungo tubo, che tal velocità riesca dove eguale, dove minore o maggiore di quella dovuta all' altezza del livello, sicchè la pressione corrispondente risulti eguale, maggiore o minore della pressione atmosferica. Nel primo caso tal pressione non è valida a produrre uno zampillo per un piccolo foro praticato nel tubo, lo produce invece nel secondo caso, e dà luogo nel terzo ad aspirazione dell'aria esterna, anzichè ad emissione di liquido.

143. *Misura e distribuzione delle acque.* Le leggi sopra stabilite relative allo sgorgo servono di base alla distribuzione delle acque. Suolsi a tal fine scegliere per unità di misura l'efflusso da una data luce sottoposta a una data carica d'acqua, o ad un determinato *battente.* Battente significa la distanza tra la superficie dell'acqua e il lato superiore della luce. Varia nei varii paesi la grandezza e figura di questa luce fondamentale. In Parigi si addotta una luce circolare di un pollice di diametro sotto il battente di una linea, ossia col centro dalla profondità di 7 linee, e dicesi *pollice d'acqua* l'efflusso per un minuto da questa luce.

Si trovò che il pollice così calcolato equivale a $13^{\text{litr.}},414$. Quindi se si volesse valutare in pollici il

prodotto d'un ruscello, d'una fontana, basterebbe raccogliere la quantità d'acqua sgorgata per un minuto, ed ogni $13^{litr.}$,414 che se ne ottenesse, corrisponderebbe a un pollice d'acqua.

144. Se poi fosse impossibile misurare così la portata, come quando occorresse di calcolar quella d'un fiume, vi si supplisce col determinare la sezione della corrente, e calcolarne la velocità, mercè i varii strumenti idrometrici. Uno semplicissimo ne è il galleggiante, il quale consiste in un corpicciuolo di tal peso specifico, che gittato nella corrente vi galleggi, rimanendo quasi tutto sott'acqua onde evitare ogni resistenza dell'aria atmosferica: ridotto a corso equabile, tal galleggiante indicherà la velocità superficiale del fiume nel filone. Ma, come si scorge, tal dato non basta a far conoscere lo stato della velocità nell' intiera sezione, epperò si fa ricorso ad altri strumenti capaci d'indicarla in qualunque punto della corrente, e a qualunque profondità.

145. S'usa fra gli altri a tal fine il tubo di Pitot, che consiste appunto di un tubo aperto e piegato ad angolo retto ad una delle sue estremità. Immersa questa nel fiume e rivolta prima la bocca aperta del braccio ricurvo a seconda della corrente, indi contro di essa, si osserva di quanto da una volta all'altra l'acqua sale nell'altro braccio verticale del tubo, e dalla differenza d'altezza s'arguisce dell'impeto che fa la corrente contro la bocca inferiore, e quindi della sua velocità, che sarebbe quella dovuta a tal differenza.

146. Dalle velocità regolarmente esplorate in varii punti della sezione, si deduce la velocità media della corrente, cosicchè supponendo pure misurata la super-

ficie della sezione stessa, si avranno tutti i dati per calcolar la portata, giusta la regola di TORRICELLI.

CAPO VI.

PNEUMATICA.

147. La pneumatica offre la somma delle nozioni teoriche e sperimentali che si posseggono sulle proprietà meccaniche dei fluidi aeriformi, e dell'aria in ispecie che cinge la terra, rattenuta su questa dalla forza di gravità, a cui come tutti gli altri corpi è soggetta.

148. *Gravità dell'aria.* Benchè la gravità dell'aria rilevarsi possa direttamente, paragonando i pesi d'un globo pieno e vacuo di questo fluido, e si manifesti inoltre in molti naturali effetti che ci cadono ognidì sotto gli occhi; tuttavia non è che alla metà del secolo decimosettimo che venne definitivamente provata ed ammessa generalmente. Fu la circostanza a quei tempi avvertita in Firenze, che l'acqua elevata colle trombe aspiranti non oltrepassava mai l'altezza di diciassette braccia e mezzo, equivalenti a trentadue piedi parigini, quella che diè luogo a così bella scoperta dovuta all'illustre discepolo di GALILEO, TORRICELLI. Posciachè ragionando egli nell'ipotesi della pressione atmosferica, dedusse di leggieri, che se tale era l'altezza della colonna d'acqua capace di equilibrar la colonna atmosferica, quella corrispondente d'una colonna di mercurio avrebbe dovuto essere quattordici volte minore, per essere il peso specifico di tal liquido quattordici volte maggiore di quello dell'acqua.

Prese pertanto una canna di cristallo lunga intorno a due braccia (*fig.* 33), cui riempì di mercurio, e serratala col dito, la capovolse e tuffò leggermente in un vasello pieno di tal liquido: rimosso allora il dito, vide tosto il mercurio a discendere, e dopo alcuni libramenti fermarsi alla preveduta altezza di circa un braccio e un quarto, o prossimamente di ventisette pollici e mezzo, lasciando sopra di sè uno spazio vacuo, che dicesi *vacuo Torricelliano.* Questo memorabile sperimento ebbe luogo nell'anno 1643.

149. Sparso in Europa il rumore di tale scoperta, venne tosto ad illustrarla una nuova rimarca dovuta al Pascal, il quale col far eseguire dal suo cognato signor Perrier lo sperimento di Torricelli sul *Puy-de-Dôme* a diverse altezze, verificò la natural congettura, che il mercurio dovea discendere nel tubo trasportato in più elevate regioni.

Risultati così decisivi diedero il crollo, come alla dottrina allora ammessa nelle scuole dell'orror della natura pel vacuo, così all'idea di una resistenza qualunque del vacuo stesso capace di una pressione determinata.

150. *Barometro.* Il barometro non è che l'apparato o tubo Torricelliano munito di una scala per lo più divisa in pollici e linee. In questa forma di un semplice cannello di vetro sul suo bacino, dicesi barometro a *pozzetto*, o a *vaschetta.*

Ma comunemente il tubo è ripiegato al fondo, sicchè la parte ricurva serve di pozzetto (*fig.* 32). Allora prende il nome di barometro a *sifone.* L'ordinario suo impiego si riferisce alla meteorologia, ed è di indicare le variazioni a cui va di continuo sog-

getta la pressione dell'atmosfera; variazioni sulle quali si cercò di fondare il prognostico delle altre mutazioni, che ivi si preparano e si succedono.

Un'altra importante applicazione del barometro fu quella di farlo servire a misurare l'altezza delle montagne dipendentemente dal soprariferito principio del discendere che fa il mercurio a misura che il barometro s'alza.

151. E di vero facilmente si comprende che pesando il mercurio circa dieci mila volte più dell'aria al livello dei mari (10463), se la densità di questa si serbasse costante, l'altezza di quelle scemar dovrebbe di un millimetro per ogni maggiore altezza di dieci metri che si risalisse. Ma siccome tal densità diminuisce secondochè ci eleviamo (§ 155), e sulla legge di tal diminuzione influiscono in un colla pressione la temperatura ed il vapore aqueo che in varia dose nell'aria si contiene, così si stabilirono delle formole, e si calcolarono delle tavole appropriate, che resero facile quanto rigorosa l'applicazione di cui si ragiona, e fu reso così il barometro uno strumento prezioso di geografia insieme e di meteorologia.

152. *Elasticità dell'aria.* L'aria ed i gaz oltre d'essere pesanti e fluidi godono d'una elasticità perfetta congiunta ad una comprimibilità grandissima, e ad una espansibilità, i cui limiti sconosciuti dipendono dalla attrazione e dalla temperatura.

153. A temperatura data e costante *l'elasticità dei gaz sta in ragion diretta della pressione e della densità, e in ragione inversa del volume.* Queste leggi che si verificano soltanto entro certi limiti più o meno estesi nei diversi gaz, scoprì Mariotte, comprimendo l'aria

confinata nel ramo chiuso di un sifone col versar del mercurio nell'altro ramo, e col notarne il livello in entrambi.

154. *Elasticità d'un miscuglio gazoso.* Più arie o gaz a contatto non seguito da chimica azione tendono a mescersi, i più leggeri soprastando ai più pesanti, finchè non sono mescolati. *L'elasticità del miscuglio eguaglia sempre la somma delle elasticità, a cui i gaz mescolati si ridurrebbero, espandendosi separatamente nello spazio ad essi assegnato.*

155. Però l'aria atmosferica tende a ridursi e a mantenersi un miscuglio omogeneo dei varii gaz che la compongono o in essa si svolgono: ma i varii strati orizzontali di essa nello stato d' equilibrio soffrono una pressione, e godono d'una elasticità, che crescono in proporzione geometrica, crescendo l'altezza de' medesimi in progressione aritmetica.

156. Si calcola che ad un'altezza di 53,000 metri, ossia di 12 leghe, la rarefazione dell'aria è già maggiore di quella ottenuta colle migliori macchine pneumatiche; e che supposta l'atmosfera ridotta ad una densità uniforme ed eguale a quella che ha luogo al livello del mare, l'altezza totale della colonna atmosferica sarebbe di 7629 metri. Quindi al livello del mare l'aria precipiterebbe nel vacuo con una velocità dovuta a tale altezza.

157. Si calcola pure che la pressione media, da questo fluido esercitata sul nostro corpo, è di ben 1500 kil., pressione enorme, ma che equilibrandosi per ogni verso, non resiste gran fatto al libero nostro moversi.

158. Non è tuttavia che tal resistenza nelle grandi velocità specialmente, non che l'urto dell'aria stessa

sempre più o meno agitata, non ci avvertano di continuo, e della di lei materialità, e della forza di cui è capace, tutti conoscendo l'applicazione che si fa di tal forza nei molini a vento, e i vantaggi che ne ritrae la navigazione, e gli effetti talvolta terribili che produce quando si manifesta nell'impetuoso uragano.

159. Del resto l'ascesa dei globi aereostatici, lo schioppo pneumatico, gli effetti di molti apparati idraulici, quelli della macchina pneumatica, con cui si apprese ad estrar l'aria da un vaso chiuso, e a far su questa svariati e interessantissimi esperimenti; mentre ricevono dalla soprariferita dottrina la loro spiegazione, servono ad illustrarla mirabilmente.

Così Ottone di Guerik, autore di tal macchina, rendea manifesta la forte pressione atmosferica a cui soggiacciamo senza avvedercene, facendo il vuoto in due emisferi cavi metallici recati a contatto, e mostrando quale sforzo vi volesse per separarli. Dicesi questo lo sperimento degli *emisferi di Magdeburgo.*

Lo stesso accade al recipiente della macchina pneumatica, il quale tanto più aderisce al disco su cui è locato, quanto più l'aria vi è diradata, del qual diradamento si fa la debita estimazione mercè di un tubo barometrico, la cui parte superiore ed aperta comunica coll' interno del recipiente. Vedesi allora entro questo tubo salire il mercurio, a misura che si opera il vacuo. S'usa anche un semplice *provino* composto di un sifone, il cui braccio chiuso è pieno di mercurio, mentre l'altro comunica col recipiente. Estratta l'aria, il mercurio si mette di livello nei due bracci tanto più esattamente, quanto più il vuoto è perfetto.

Che se il vuoto si fa nel così detto *tamburo pneu-*

matico (che è un tubo di vetro ricoperto da una pelle legata alla sua sommità), questa premuta dalla colonna d'aria sopra incumbente, s'incurva, si distende, e talvolta si rompe con forte scoppio.

È per siffatta pressione atmosferica, la quale opera in tutte le direzioni, che l'acqua è rattenuta in un bicchiere capovolto, a cui siasi applicato un cartone o altro coperchio piano.

Similmente, se facciasi il vuoto in una campana di vetro, sotto cui s'abbia collocata una vescica contenente una piccola dose d'aria, questa col dilatarsi fa gonfiar la vescica; e se alla campana sottopongasi un bicchiere d'acqua, innumerevoli bollicine d'aria contenuta fra i pori del liquido se ne sprigionano visibilmente, espandendosi e sollevandosi alla superficie.

Così una mela appassita si fa turgida e come fresca; e un animale, oltre di patir nel respiro, soffre pel dilatamento delle sostanze aeriformi che stanziano o si sviluppano nelle varie parti del corpo, come lo provano le emorragie, a cui soggiace talvolta chi viaggia sugli alti monti, o s'innalza nei globi aereostatici.

CAPO VII.

PRINCIPII DI ACUSTICA.

160. L'acustica tratta del suono. Dividesi in tre parti; l'una essenzialmente fisica, e connessa ai principii della meccanica più sublime, comprende lo studio della formazione e propagazione del suono; l'altra fisica e fisiologica insieme, considera i diversi organismi che

la natura impiega, per la produzione e percezione dei suoni stessi negli animali; la terza infine si propone di scoprire i rapporti che hanno i suoni colle sensazioni più o meno gradevoli, che in noi cagionano, rapporti onde si derivano le regole della *melodia* e dell'*armonia*.

161. Quest'ultima parte forma propriamente il soggetto dell'arte musicale; ma appartiene alla fisica il dimostrare l'intima sua connessione colle teoriche leggi della formazione stessa dei suoni.

162. Nasce il suono da un moto vibratorio dei corpi sonori comunicato all'aria ambiente, e da questa all'organo dell'udito. Se si accosti ad una campana, o corda, o altro corpo che mandi suono, una punta metallica, si udrà una specie di fremito prodotto da una successione di urti rapidissimi del corpo sonoro contro la punta, e potrà sentirsi anche al tatto un tale stato di moto vibratorio, applicando la mano al corpo medesimo: vero è che tal moto rimane allora smorzato, e ogni suono estinto con esso.

163. Tutti i corpi son capaci di trasmettere il suono, ma l'aria ne è l'ordinario veicolo. Infatti una sveglia sotto alla campana pneumatica cessa di udirsi, se facciasi il vuoto, e si ode di nuovo, introdotta l'aria nella campana.

164. *Velocità.* La velocità del suono nell'aria è costante e di circa 333 metri per secondo. Ma cresce alquanto col crescere della temperatura. Nell'acqua è più che quadrupla, nel rame 12 volte, nel ferro e nel legno 17 volte maggiore. La velocità del suono fu calcolata notando il tempo trascorso fra il momento in cui il lampo della polvere indica la seguita esplosione d'un

cannone, e quella in cui il fragore l'annunzia all'orecchio.

165. *Intensità*. La intensità del suono sta in ragione inversa del quadrato della distanza. Egli è infatti un risultamento di meccanica razionale, che a grande distanza dal centro sonoro, la velocità *propria* delle molecule aeree procedente da uno stesso scuotimento *elementare* decresce in ragione inversa della distanza; ora la intensità del suono vuolsi misurare dal quadrato di questa velocità; dunque tale intensità decresce nell'inversa del quadrato delle distanze.

166. Sulla intensità del suono influiscono la direzione del vento, la tranquillità della notte, e la densità che ha l'aria *nel luogo dove il suono è prodotto*.

167. *Eco*. L'eco è un suono riflesso, e tal riflessione si fa sotto angolo eguale a quello d'incidenza, come avviene pei corpi perfettamente elastici.

Perchè l'eco risulti distinto, è necessario che si formi almeno alla distanza di 16 metri. Allora pronunciata una parola, se ne ode distintamente l'ultima sillaba, e l'eco dicesi *monosillaba*.

A distanza multipla di 16 metri si ha l'eco *polisillaba*. Vi hanno degli eco che ripetono 20 sillabe: a distanza minore di 16 metri non si ha che la *risuonanza*, che nasce dal confondersi del suono diretto col riflesso.

Se più sieno gli ostacoli o le riflessioni del suono, l'eco potrà essere multipla o *polifona*. Alla Simonetta presso Milano si ha un eco che ripete fino a 40 volte una sillaba, in notte tranquilla.

Belle applicazioni della riflessione del suono sono i *gabinetti parlanti*, i *corni acustici*, il *portavoce*.

168. *Onde sonore. Carattere dei suoni*. Dicesi *ondula-*

zione sonora lo strato d'aria scosso per un'intera vi brazione del corpo risonante, composta di un'andata e di un ritorno, ossia di due vibrazioni *semplici*, l'una progressiva, l'altra retrograda, le quali producono due onde sonore semplici, nelle quali le molecole aeree hanno velocità corrispondenti e contrarie.

La distanza per cui propagasi il suono nel tempo d'una vibrazione intiera, dicesi *lunghezza* dell'ondulazione sonora. Tal tempo e tal lunghezza non dipendono dall'ampiezza delle vibrazioni sonore, per essere queste isocrone, mentre le velocità impresse dal corpo vibrante alle molecole aeree nel tempo di una vibrazione variano necessariamente, crescendo o scemando con l'ampiezza di tal vibrazione.

169. Quindi una stessa corda egualmente tesa può compiere vibrazioni più o meno estese, se venga tocca coll'archetto più o meno vigorosamente, e allora manda un suono più o meno energico; ma la durata delle sue vibrazioni, come la lunghezza delle onde corrispondenti non cangia, e il suono gode sempre allora dello stesso carattere musicale, che dicesi *tono*, dipendente dal luogo che nella scala dei gravi e degli acuti occupa un tale suono.

170. Però il tono si riferisce alla lunghezza dell'ondulazione sonora, e l'intensità del suono alla legge delle velocità comunicate dal corpo vibrante alle molecole della prima onda, e da questa alla seguente, e così alle successive formanti un medesimo *sistema* di onde sonore.

171. Si ammette, che il tono più grave sensibile all'orecchio umano corrisponde a 32 vibrazioni semplici in un secondo, che darebbero onde lunghe 32 piedi,

mentre il più acuto corrisponderebbe a 8460 vibrazioni semplici, che darebbero onde lunghe 18 linee. Il sig. SAVART allargò questi limiti, ponendo poter sentirsi i suoni corrispondenti a 16, e a 48000 vibrazioni per secondo.

172. Una terza qualità distingue l'orecchio nei suoni (detta *timbro* dai Francesi), che nasce dalla natura dello strumento risonante, e dalla forma delle onde composte risultanti dai diversi suoi punti vibranti, considerati come centri di altrettanti sistemi di onde, che si combinano insieme.

173. *Corde vibranti.* Il numero delle oscillazioni d'una corda vibrante è in ragione *inversa del diametro e della lunghezza*, e *diretta delle radici delle tensioni.*

174. Quindi è facile con corde eguali, ma diversamente tese, o egualmente tese e ineguali, ottenere i sette tuoni della scala *diatonica*, sapendo che questi corrispondono a numeri di vibrazioni, che sono rappresentati dalla serie seguente:

do	*re*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*	*do*
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

Così prendendo corde di egual diametro ed egualmente tese, le loro lunghezze relative, che daranno i suoni corrispondenti a tal serie, formeranno quest'altra:

$$1 \quad \frac{8}{9} \quad \frac{4}{5} \quad \frac{3}{4} \quad \frac{2}{3} \quad \frac{3}{5} \quad \frac{8}{15} \quad \frac{1}{2}$$

175. Il suono e le sue vibrazioni si propagano da un

mezzo ad un altro, da uno ad un altro corpo contiguo o separato per l'aria interposta, purchè collocato sia in favorevoli condizioni. Così una corda vibrante ne fa vibrare un'altra accordata con essa all'*unissono*. Quivi è l'aria che serve di intermezzo alla comunicazione delle ondulazioni sonore.

Similmente le vibrazioni d'una corda in un violino si comunicano alla cassa, non che all'aria ivi racchiusa, e contribuisce il complesso di queste vibrazioni comunicate ad imprimere al suono il carattere che trae dalla natura dello strumento che lo produce.

176. Le onde o vibrazioni sonore tendono a propagarsi da un corpo ad un altro, *isocrone* se non *sincrone* o contemporanee, giusta il principio dinamico delle vibrazioni *forzate*, analogo all'altro più generale delle variazioni *periodiche*. Ma l'incontrarsi delle onde sotto fasi diverse può cagionare distruzione di moti, ed estinzione di suono.

177. Le lastre rigide come le membrane tese, allorchè vibrano, dividonsi in parti vibranti separatamente, limitate da *linee nodali* non vibranti, come si riconosce cospargendo tali lastre d'una polvere fina, la quale va a raccogliersi su queste linee. Siffatta divisione in parti, varia colla figura delle linee nodali a seconda delle condizioni meccaniche a cui è assoggettata la lastra in vibrare, e giusta i toni diversi che fa sentire.

178. Anche una corda allorchè vibra intiera, si suppone vibrare nelle diverse sue parti aliquote, e fa sentire oltre il suono *fondamentale* 1, i suoni *concomitanti* detti anche *armonici* 2, 3, 4, 5 ecc. Relativa a tal fatto è la bella esperienza di SAUVEUR, che consiste nel porre alla metà, al terzo, al quarto d'una corda

tesa un ponticello (*fig.* 34), che ivi la fermi, col far vibrare la porzione più piccola. Allora l'altra porzione della corda entra pure in vibrazione, e vedonsi separatamente le di lei parti vibranti in senso alternamente opposto, collocando al loro mezzo dei ritagliuzzi di carta che saltellano, ed altri ai loro limiti che restano immoti (*fig.* 35).

179. Invano finora si cercò di fondare una teorica musicale, or sull' accennato fenomeno delle vibrazioni *coesistenti* e dei suoni concomitanti, or sulla semplicità dei rapporti fra i numeri delle vibrazioni; ed è verosimile, che come per via di sentimento si poterono stabilire le principali regole musicali, così non altrimenti si possa averne compiuta ragione dai fatti puramente fisici, che precedono le sensazioni grate o dispiacevoli che i suoni arrecano.

180. *Organo dell'udito.* Può l'orecchio dividersi in tre parti o cavità: la *esterna* che comprende il *padiglione* e il *meato auditorio*, la *media* detta *cassa del timpano*, la *interna* ossia *laberinto*. La media è divisa dall'esterna per la *membrana del timpano*, e comunica coll' atmosfera mercè il tubo *Eustachiano*, che schiudesi nelle fauci. Il laberinto contiene il così detto *vestibolo*, che è una cavità piena d'un liquido entro cui si diffonde il *nervo acustico*, alla quale si comunicherebbe dalla parte media per due piccoli fori detti *finestra ovale* e *rotonda*, se questi non fossero chiusi da un sottile velo membranoso.

181. Urtata la membrana del timpano dall'aria esterna, la interna col ministero di quattro ossicini (*martello, incudine, osso orbicolare* e *staffa*), ne trasmette alle pareti del vestibolo e al liquido che vi è contenuto le

vibrazioni, le quali indi si comunicano al nervo acustico per cui si desta nell' anima la sensazione del suono.

182. *Organo della voce.* L'organo della voce fu riguardato, ora come uno strumento da fiato, ora come uno strumento misto, cioè a fiato e a corda. Muller in questi ultimi tempi fu condotto a considerarlo come uno strumento da fiato a linguetta a due labbra, mentre Savart assomiglia la parte principale dell'organismo dove si forma il suono, che è la glottide, al *richiamo* de' cacciatori.

Ad ogni modo è la colonna aerea spinta dall' apparecchio pulmonare per la laringe a traversare la glottide, che vibrando all'unissono colle così dette *corde vocali*, produce i diversi suoni della voce, la quale articolata poscia e modificata per l'azione della lingua, delle labbra, dei denti, nella cavità del palato e nelle fosse nasali, assume i caratteri svariatissimi che le son proprii.

183. Si calcola essere di tre ottave la estensione della voce nell'uomo. Le donne e i fanciulli hanno una voce più acuta. Fra gli animali, quelli dotati di polmoni, cioè i mammiferi, gli uccelli e i rettili, sono i soli che abbiano vera voce.

CAPO VIII.

PRINCIPII DI ASTRONOMIA FISICA.

Nozioni di Uranografia e di Geografia.

Degli astri in generale e delle giornaliere loro apparenze.

184. L' *astronomia* contempla i movimenti degli astri. Bella e sublime porzione dell'umano sapere può questa dirsi a ragione, per cui l'uomo si solleva alla cognizione di quel maraviglioso universo, dove splende in tanta pompa e magnificenza la grandezza del Creatore.

Nè meramente speculativa dee credersi la scienza astronomica; ma di una utilità tanto estesa quanto ne è elevato il soggetto. La nautica e la geografia ricevono da questa il loro lume, e vanno debitrici dei loro progressi alla medesima, che però non men d'ogni altra scientifica disciplina contribuì alla civilizzazione del mondo.

185. *Aspetto del cielo.* Il cielo offre ovunque l'aspetto d'un ampio emisfero cavo, di cui l'osservatore credesi al centro. Sul concavo di questa celeste volta noi veggiamo il sole e la luna nascere, tramontare, girare, e come accerchiando la terra, compiere intorno ad essa il loro circuito: e se in notte serena ci facciamo

a contemplare per alcun tempo lo stellato emisfero, non tardiamo ad accorgerci, che a quel moto di circolazione da oriente verso occidente tutti indistintamente partecipano gli astri del firmamento, ma con tal rimarchevolissima legge, che inalterata conservano, pressochè generalmente, la scambievole loro disposizione, come se infissi in una sfera di cristallo rotante sopra un suo diametro, rapiti fossero da una comune vertigine.

186. Siffatto rivolgimento del cielo fa chiara fede, che la terra non è altrimenti in contatto con esso siccome pare a' nostri occhi; ma isolata e sospesa nella immensità degli spazii.

187. *Convessità della terra.* Se la terra fosse piana, noi camminando sopra di essa, vedremmo sempre le medesime stelle. Ma accade invece che mutando clima si muta cielo, e nuove stelle si scoprono che prima ci erano occulte, mentre altre ci si tolgono di vista che prima apparivano.

188. La legge di tale occultamento e scoprimento di stelle relativa agli intervalli dei luoghi l'uno più dell'altro meridionali, ci apprende, non solo che la terra è convessa, ma che tale convessità s' accosta alla forma sferica.

189. Ciò stesso ci vien poi confermato da questo fatto, che chi naviga verso il lido, comincia da lungi a scoprire le sommità dei monti e delle torri, e quindi appoco appoco le parti loro più basse, come se questi oggetti nascendo sorgessero fuori delle acque; mentre chi dal lido vede appressare il navilio, scopre dapprima le punte degli alberi e delle antenne, ultimo ad apparirgli essendo il navilio stesso (*fig.* 36).

190. Inoltre della convessità della terra una bella confermazione abbiamo negli ecclissi lunari prodotti, come a suo luogo dichiareremo, da una immersione della luna nell'ombra che la terra rischiarata dal sole produce dietro di se: perocchè sì all'entrare del disco lunare in tal ombra come allo escirne, noi lo vediamo esserne tagliato in arco, il che non sarebbe se la mole terracquea non avesse una forma rotondeggiante.

191. Finalmente una prova di tal rotondezza somministrano i viaggi fatti attorno del globo da insigni navigatori, fra i quali primo il Portoghese Magellano, che salpando da Siviglia nel 1519 valicò l'Oceano, circuì l'America, penetrò nel mare del Sud, e dirizzata quindi la prora verso occidente, rivide alfine l'Europa, dond' era partito.

Definizioni.

192. *Orizzonte.* Quel gran cerchio che in luoghi aperti si raffigura laddove par che il cielo colla terra s'incontri, è l'*orizzonte*, che vuol dir *limite*. Considerato geograficamente dicesi *orizzonte visibile*, e forma la porzione di superficie terrestre, che può scoprire l'osservatore dall' altezza a cui trovasi. Cresce però tal porzione con tale altezza, e si prova, che *il raggio dell'orizzonte visibile, sta approssimativamente all'altezza dell'osservatore, come il diametro della terra sta al raggio stesso.* Così a un metro e mezzo al disopra dei mari, l'orizzonte visibile si estende a circa due leghe geografiche di 4444 metri. All'altezza dell'Etna si scoprirebbe la 4000.ª parte della superficie ter-

restre, e la 1600.ª all'altezza di 7600 metri, che è la massima a cui l'uomo potè elevarsi, toccata da Gay-Lussac nel celebre suo viaggio aereostatico.

193. Ma gli astronomi per definire l'orizzonte in modo geometrico e preciso, lo distinguono in *sensibile* e *razionale*. L'orizzonte sensibile è un piano tangente al globo terracqueo, perpendicolare alla *verticale* segnata dal filo a piombo, e idealmente esteso fino alla regione delle stelle. L'orizzonte razionale è un piano similmente esteso parallelo all'orizzonte sensibile, e tratto pel centro della terra. Questi due orizzonti si confondono sul firmamento in uno stesso cerchio detto *orizzonte celeste*, per esser le dimensioni della terra pressochè impercettibili relativamente alla distanza delle stelle.

194. Da ciò si deduce di leggieri, che in alto mare l'osservatore scoprir deve una zona nel firmamento posta al dissotto del suo orizzonte razionale, la cui larghezza *angolare* che dicesi *depressione dell'orizzonte*, corrisponde appunto all'angolo per cui l'orizzonte visibile sembra abbassarsi sotto l'orizzonte razionale: di tal angolo tengon conto i naviganti nel rilevare l'altezza degli astri al dissopra del loro orizzonte visibile, relativa a quella dell'osservatore sopra il livello delle acque, onde dedurne la vera altezza sopra l'orizzonte razionale.

195. *Poli dell'orizzonte.* Poli dell'orizzonte si appellano i due punti che la verticale segna nel cielo, situati l'uno sopra il capo dell'osservatore, l'altro sotto ai suoi piedi. S'indicano anche questi due punti colle voci arabe di *Zenith* e *Nadir*.

196. *Equatore celeste.* L'equatore celeste detto anche

cerchio equinoziale è quel circolo massimo E Q (*fig.* 37) della sfera celeste, il cui piano è perpendicolare all'asse del mondo.

197. *Asse e poli del mondo*. Asse del mondo o dell'equatore fu detto quel diametro ideale A B intorno a cui rotar sembra la sfera celeste, e poli del mondo o dell'equatore si chiamarono i punti estremi ed opposti che gli corrispondono nel cielo. Polo *artico*, *boreale*, *settentrionale*, s' appellò quello che visibile sempre nei nostri climi sta collocato verso quella parte del cielo che dicesi *nord*; e *antartico*, *australe*, *meridionale*, l'altro che situato oppositamente al *sud* ci rimane sempre nascosto.

198. *Paralleli celesti*. Sono i paralleli celesti que' circoli minori situati fra i poli e l'equatore R S, F G, X Y, T U ecc., (*fig.* 37) che le stelle sembrano percorrere intorno all'asse del mondo. Giacciono in piani paralleli all' equatore, che però fu anche detto *parallelo massimo*.

199. *Piano meridiano*. Un piano perpendicolare all'orizzonte che passi per l' asse del mondo dicesi piano meridiano, perchè il sole quando ci arreca il mezzodì trovasi in questo piano. Esso contiene i punti più alti e più bassi di tutti i paralleli, e divide il cielo in due emisferi *orientale* ed *occidentale*, segnando sulla sfera celeste un circolo massimo tagliato dall' orizzonte in due semicircoli detti *meridiani celesti* superiore ed inferiore.

200. *Circoli*, *piani*, *angoli orarii*. Finalmente si considerano i circoli orarii che passano per i poli, intercettando su ciascun parallelo archi proporzionali ai tempi che le stelle impiegano a percorrere tali archi.

Indi appunto venne il nome di circoli orarii, come quello di piani orarii, che sono i piani di tali circoli, e di angoli orarii, che sono gli angoli che formano fra loro cotesti piani.

201. *Poli ed asse della terra.* Poli della terra chiamaronsi i due punti a, b (*fig.* 37) in cui la terrestre superficie è trapassata dall'asse del mondo, che considerato relativamente a cotesti punti prende il nome di *asse terrestre*.

202. *Paralleli e meridiani terrestri.* Similmente si conoscono i paralleli terrestri rs, fg, xy, tu ecc., che sono circoli paralleli all'equatore terrestre, e i *meridiani terrestri* corrispondenti ai circoli orarii della sfera celeste.

Sfera retta, obbliqua e parallela.

203. L'orizzonte può essere ora perpendicolare all'equatore, ora obbliquo, ora parallelo; e tali situazioni danno luogo a tre stati di cose distinti col nome di sfera *retta*, sfera *obbliqua*, sfera *parallela.*

204. Per gli abitanti dell'equatore che hanno la sfera retta (*fig.* 38), l'orizzonte celeste A B passando per i poli, e però tagliando tutti i paralleli RS, LM, NO, XY per mezzo, gli astri staranno dodici ore sopra di esso, e altrettante al di sotto.

205. Gli abitanti dei poli se ve ne fossero, avendo invece la sfera parallela e l'equatore stesso EQ per orizzonte, mai vedrebbero tramontare le stelle del loro emisfero, ma circolare ad altezze costanti dall'orizzonte, come non vedrebbero mai levarsi le stelle che fregiano l'emisfero inferiore circolanti similmente e visibili per gli abitanti del polo opposto.

206. Fuori dell'equatore e dei poli si ha dappertutto la sfera obbliqua. In tal situazione un dei due poli celesti rimane sempre visibile, ed è tanto più elevato sopra dell'orizzonte CD, quanto più si dista dall'equatore: altrettanto depresso sotto di esso e sempre invisibile rimane il polo opposto. Quinci le stelle situate a distanza dal polo visibile B non maggiore della sua altezza BC, non conosceranno tramonto, e mai invece si leveranno quelle collocate all'altro polo entro i limiti stessi. *Circumpolari* furono dette queste stelle che mai tramontano o mai si levano, e circoli di *apparizione* e di *occultazione perpetua* chiamaronsi i due paralleli estremi situati alla precisa distanza accennata.

207. Le stelle intermedie a questi circoli, tutte si leveranno e tramonteranno, impiegando dal levare al tramonto un tempo maggiore a misura che saran più prossime al primo e più distanti dal secondo di detti circoli, e solo quelle situate all'equatore si mostreranno per dodici ore.

Così nei nostri climi veggiamo a settentrione stelle che mai si nascondono sotto l'orizzonte, e compiono sotto i nostri occhi l'intero lor giro intorno al polo artico. Alcune distanti da questo di circa 45°, così si abbassano nella loro conversione, fino a radere l'orizzonte medesimo; ed altre più distanti ancora vi si seppelliscono per una parte più o meno grande del loro giro, secondo che maggiore o minore è tale distanza. Volti invece verso quella parte dove vediamo il sole nel mezzodì, scorgiamo le stelle, che levandosi alla nostra sinistra s'alzano gradatamente per poi declinare a destra, le une lasciandosi vedere per circa dodici ore,

altre per minor tempo, e alcune, cioè le più meridionali, alzandosi appena per pochi istanti.

Globi celesti.

208. Sono i globi e le carte celesti una rappresentazione grafica del cielo stellato, dove gli astri si figurano e collocano nelle relative lor sedi, e alle relative loro distanze. Possono costrursi direttamente calcolando le angolari distanze degli astri mercè di appropiati strumenti, ma in modo più facile mercè il calcolo della loro *ascension retta* e della *declinazione*.

209. L'*ascension retta* è l'arco dell'equatore celeste compreso fra il piano orario dell'astro e il primo piano orario da cui conta, che è quello dell'equinozio. Essa si computa sempre da occidente verso oriente, e si inferisce dal tempo scorso fra il passaggio dell'astro ossia del suo piano orario al meridiano, e il passaggio dell'accennato piano d'origine. Infatti tutti gli astri percorrono uniformemente i 360° del loro circolo o parallelo in un periodo costante detto *giorno sidereo*, che fu diviso in 24 ore *siderali*. Sapendo dunque a cagion d'esempio che un astro passò al meridiano un'ora dopo di un altro situato nel piano orario da cui vuolsi contare, si conclude che la sua ascension retta equivale alla 24ª parte dell'intera circonferenza ossia a 15°.

210. La *declinazione* è l'arco più corto del cerchio orario (detto cerchio di declinazione) compreso fra l'astro e l'equatore, ossia la *distanza* dell'astro dall'equatore. Tal distanza unita a quella dell'astro dal polo forma

90°, onde si dice che la *declinazione è complemento della distanza polare*. La declinazione d'un astro è inoltre detta *boreale* od *australe* dall'emisfero a cui l'astro appartiene, e si conta da 0° a 90°. Gli astronomi la determinano o dalla osservazione delle altezze meridiane, il che suppone che si conosca la latitudine geografica della *stazione*, o più direttamente dalla osservazione delle *distanze polari*.

211. Col calcolo di siffatti elementi poterono gli astronomi fissare le relative posizioni degli astri, e formare l'anagrafia de' cieli. IPPARCO ne diè primo l'esempio un secolo e mezzo prima dell'Era nostra, estendendo un catalogo di 1022 stelle, distribuite in 48 costellazioni.

212. *Costellazioni*. Sono le costellazioni aggregati di stelle comprese giusta l'idea introdotta dall'antichità più remota in altrettante figure per lo più bizzarre d'uomini, d'animali o di cose inanimate che si fingeano nel cielo. Fra queste distinguonsi le *zodiacali* situate lungo la via che segna il sole nell'annuale sua carriera. Esse si comprendono in questi due versi:

Sunt aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo,
Libraque, scorpius, arcitenens, caper, amphora, pisces.

Le successive osservazioni e scoperte fecero poscia aggiungere nuove costellazioni alle antiche, e ne portarono il numero a cento sessanta due.

Si classificano le stelle dal vario loro splendore, epperò si dicono di 1.ª, 2.ª e 3.ª *classe* o *grandezza*, le più splendide, che si reputano eziandio come le più vicine, formando la 1.ª classe. Devesi per altro dire

non fondarsi sopra idee ben precise un tal modo di classificazione.

I più accreditati cataloghi di stelle danno 17 stelle di prima classe: Littrow le riduce a 14, mentre ne annovera 70 di seconda, 300 di terza, recando a cinquemila il numero totale di quelle visibili ad occhio disarmato, comprese nelle sei o sette prime classi, e a circa 70 mila quelle delle prime nove o dieci contando le telescopiche. Ora il telescopio ne lascia contare fino alla 16.ª grandezza: e se con queste si considerano quelle delle nebulose, può veramente dirsi che le stelle del firmamento sono per noi innumerevoli.

213. Le costellazioni non servono propriamente, che a distribuire e indicare in modo facile e breve le stelle più rimarchevoli, il che si fa aggiugnendo al nome della costellazione una lettera greca assegnata a ciascuna delle stelle di cui tal costellazione è composta; come α del *leone*, β dell'*orsa maggiore*; e chiamando α la più cospicua, β la più prossima a quella in splendore, e così di seguito. Dopo le lettere s'usano i numeri.

Globi terrestri e carte geografiche.

214. Come i globi celesti si costruiscono i globi terrestri destinati a rappresentare la terra coi mari, i continenti, le isole che vi sono, le catene dei monti, il corso dei fiumi, i luoghi o punti più cospicui. Ciò si può ottenere mercè la determinazione della *latitudine* e della *longitudine*, che corrispondono relativamente a

un luogo terrestre, ciò che sono la declinazione e l'ascension retta per rapporto a una stella.

215. *Longitudine e latitudine*. La latitudine *terrestre* o *geografica* d'un luogo è la sua distanza *angolare* dall'equatore terrestre espressa in gradi, e indicata dall'angolo che la verticale forma col piano equatoriale. È eguale all'altezza del polo, che gli astronomi determinano direttamente. La longitudine è l'arco equatoriale compreso fra il meridiano del luogo e il *primo meridiano* da cui si conta. I geografi come i navigatori la distinguono in *orientale* ed *occidentale* noverando 180 meridiani all'oriente, e altrettanti all'occidente di quello da cui cominciano il novero. Altre volte contavasi dal meridiano che passa per la punta più occidentale dell'isola del ferro: ora in Italia come in Francia si conta dal meridiano di Parigi, e in Inghilterra da quello di Greenwich presso Londra.

216. Importantissimo per la nautica come per la geografia è il calcolo della longitudine. Ciascuna stella impiegando lo stesso tempo a compiere il suo giro diurno e tornare allo stesso meridiano, egli è chiaro che un orologio che desse questo tempo detto *sidereo*, col segnar zero ^{ore} all'istante del passaggio d'un astro prescelto al meridiano d'un luogo, indicherebbe sempre ore diverse da quelle di un secondo orologio, che fosse regolato del pari relativamente al passaggio dell'astro stesso al meridiano d'un altro luogo, i due passaggi non potendo evidentemente essere contemporanei. Vedemmo inoltre (§ 196), che l'angolo o arco orario compreso tra il primo meridiano normale e il piano orario d'una stella, è proporzionale al tempo che tal piano impiega a percorrerlo, cosicchè diviso

in 24 ore il tempo di una rivoluzione siderale, a ciascun'ora corrisponderebbero 15° equatoriali ossia 15 gradi di longitudine. Se quindi due osservatori da due luoghi diversi avessero un mezzo di fissare l'ora che contano contemporaneamente mercè d'un segnale naturale o artificiale ad entrambi visibile, potrebbero per ciò stesso rilevare dalla differenza d'ora la differenza di longitudine delle *stazioni* che occupano. Gli ecclissi lunari e solari, quelli dei satelliti di Giove, e le *occultazioni* delle stelle dietro il disco lunare, sono per gli astronomi altrettanti segnali tanto più atti al computo in questione, in quantochè l'ora del loro arrivo può aversi calcolata e predetta a una data stazione qual sarebbe l'osservatorio di Parigi, e tal predizione, tener luogo della osservazione corrispondente nella stazione anzidetta.

217. Ma oltrecchè un tale metodo non comporta una grandissima esattezza, riesce insufficiente ed inutile ai naviganti, ai quali è indispensabile di poter a qual momento che siasi determinare la longitudine. Però ricorrono essi ad osservazioni che fanno sulle distanze *angolari* della luna dalle stelle principali, e dal confronto dell'ora *locale* in cui tali distanze si verificano con quella corrispondente e previamente calcolata all'osservatorio a cui si riferiscono le tavole che consultano, deducono immediatamente la longitudine della stazione che occupano. Tal è il *metodo lunare* delle longitudini. Come si scorge, la luna è quivi considerata siccome un indice che nota l'ora dell'osservatorio; il firmamento è il quadrante che l'indice percorre; e le stelle sono i punti che segnano le ore.

218. Lo stesso fine si otterrebbe con un *cronometro*, che

dasse il tempo dell'osservatorio; ma la imperfezione di questo strumento non fa riguardare come esatto ed infallibile un tale mezzo.

219. Si potrebbe pertanto, coi sopra dichiarati metodi, fissare esattamente la situazione geografica dei varii luoghi, e rapportare alle vere loro sedi le città e le borgate, col compiere poscia il delineamento delle località intermedie a questi punti principali mercè di operazioni topografiche. Ma è da dire che, in pratica, si preferisce di calcolare *geodesicamente* una catena di grandi triangoli i cui lati leghino gli uni agli altri siffatti punti, e servano poi di norma alle operazioni anzidette.

220. D'ordinario le carte si formano per modo, che l'alto del foglio comprenda le parti settentrionali, il basso le meridionali. I meridiani come i paralleli vi son figurati per linee rette o curve, e se ne leggono ai margini le divisioni in gradi. Ma il foglio essendo piano e curva la superficie della terra, è evidentemente impossibile, che le distanze da luogo a luogo vi sieno esattamente proporzionali alle vere distanze terrestri.

221. Quindi si adottarono artifizii o metodi di *proiezione* particolari, che fossero i più consentanei allo scopo, e all'uso delle carte da costruirsi or per la nautica, or per la geografia fisica, politica, od astronomica, sempre però tali da rimanerne deformata e alterata più o meno la configurazione del paese rappresentato.

La scala che spesso vi si trova segnata non vale perciò a precisarle che quando sono brevi, e non molto maggiori di 100 miglia; sicchè conviene investigarle con un calcolo particolare.

222. *Dimensioni della terra.* La terra ha la forma di un

ellissoide schiacciato ai poli a guisa d'un arancio. Ciò poterono rilevare gli astronomi dal variar dei gradi di latitudine terrestri più lunghi ai poli che all'equatore, e dalla legge di tal variazione. Però l'arco meridiano terrestre che corrisponde alla variazione di un grado nell'altezza del polo, risulta più esteso a misura che ci avviciniamo ai due poli, il che è evidentemente una conseguenza della minor curvità che ivi affetta la terrestre superficie, essendo ben chiaro come col diminuire di tal curvità, ad una stessa inclinazione fra le verticali tratte ai punti estremi di un arco meridiano, debba corrispondere un arco di maggior lunghezza.

Or risulta dalle eseguite misure che il *diametro equatoriale* della terra è di 2870,1 leghe di 25 al grado, e il *diametro polare* di 2860,5 leghe, sicchè sta l'uno o l'altro nel rapporto di 299 a 298, il che corrisponde a una differenza di $\frac{1^a}{280}$ parte dell'equatoriale.

Però la distanza dei poli dall'equatore risulta di dieci millioni leghe, la lunghezza totale del meridiano vale 40 millioni, quella di un grado medio 111111 metri, di un minuto 1852 metri, e di un secondo circa 31 metri.

Moto apparente del sole, ed effetti che ne conseguono.

223. Noi abbiamo superiormente considerato gli astri siccome fissi ed immobili nelle rispettive loro positure, sebbene trasportati da un comune moto di rotazione

intorno all'asse del mondo. Ma tale immobilità relativa non si avvera effettivamente per tutti, essendo noto dai tempi più remoti, che il sole, la luna, i pianeti cangiano continuamente di luogo col passare dall'una all'altra costellazione.

224. E cominciando dal sole, se verso quella parte dove questo tramonta osservisi per alcune sere consecutive una medesima stella scelta fra le più cospicue, non si tarderà a riconoscere che questa va di continuo accostandosi al maggior luminare, finchè sparisce vinta dal suo splendore, e tramonta con esso per poi ricomparire dopo alcuni giorni a precederlo in oriente.

225. Cangia dunque il sole continuamente di luogo nel cielo, e gli astronomi, calcolandone ogni giorno la varia ascensione retta e la declinazione, poterono determinare la curva da esso percorsa. È questa un circolo massimo inclinato al piano equatoriale per circa 23°, e dicesi *ecclittica*, perchè ivi compionsi, come vedremo, gli ecclissi del sole e della luna.

Parte essa in mezzo il *zodiaco*, il quale è una zona che cinge il cielo per una larghezza di 18° divisa in dodici parti, alle quali si danno i nomi delle 12 costellazioni zodiacali già riferite.

226. I due punti ne' quali l'ecclittica interseca l'equatore, diconsi *equinozii*, perchè quando il sole vi passa, i giorni sono eguali alle notti in tutta la terra: l'uno è l'equinozio di primavera indicato col segno ♈, l'altro è l'equinozio d'autunno indicato col segno ♌. *Poli dell'ecclittica* diconsi due punti collocati relativamente a questo circolo massimo, come lo sono i poli celesti rispetto all'equatore.

227. *Divisione astronomica del globo, tropici e solstizii*,

circoli polari, ineguaglianza dei giorni e delle notti. La obbliquità dell'ecclittica va strettamente connessa alla varia influenza dell'azione solare sulle produzioni del suolo, e diè luogo ad una divisione del globo importantissima per la fisica geografia in cinque fascie o zone formate da quattro circoli analoghi a quattro altri distinti col nome stesso sulla sfera celeste, che sono il *tropico boreale*, ossia di *cancro* LM (*fig.* 38), il *tropico australe* ossia di *capricorno* NO, e i due *circoli polari artico* e *antartico* RS, XY. Questi distano per 23° dai poli, i tropici per altrettanti gradi dall'equatore. Quinci il sole percorre i tropici quando è nella sua massima declinazione, e giunto all'un d'essi, principia a retrocedere verso dell'altro, onde venne appunto il nome di tropico, voce greca che vuol dire *regresso.* Diconsi anche *solstizii* i due tropici, perchè quando il sole vi giunge, sono così insensibili da un giorno all'altro le variazioni della sua declinazione e della sua altezza meridiana, che par stazionario.

228. *Ineguaglianza dei giorni e delle notti.* La ineguaglianza dei giorni e delle notti nel decorso annuale, dipendono dal movimento in declinazione del sole dall'uno all'altro solstizio.

Quando il sole infatti trovasi nel tropico australe, cioè nella direzione segnata S (*fig.* 39), l'emisfero illuminato della terra dividesi dal tenebroso per il circolo massimo IK, detto cerchio d'*illuminazione* o *terminatore*. Però rotando il cielo sopra il suo asse, avverrà 1.° che essendo l'equatore EQ a metà nella luce, il giorno sarà ivi eguale alla notte; 2.° che i paesi situati tra il polo boreale B e il circolo polare

artico IM non avranno giorno; 3.° che quelli posti fra il polo australe A e il circolo polare antartico KN non avranno notte; 4.° che i paesi intermedii ai due circoli polari avranno la notte più lunga del giorno, o *viceversa*, secondo che si troveranno situati al nord o al sud dell'equatore; 5.° finalmente che l'accennata posizione del sole darà il solstizio d'inverno per i paesi settentrionali, e il solstizio di estate per i meridionali.

Avvicinandosi poscia il sole dal solstizio all'equatore, il circolo d'illuminazione IK (*fig.* 40) andrà accostandosi ai poli, e una parte ognor crescente del circolo polare artico cadrà nella luce, mentre una pari porzione del circolo polare opposto s'immergerà nell'ombra. Quinci gli abitanti del primo comincieranno a vedere il giorno, e quelli del secondo la notte.

Giunto il sole ad invadere l'equatore, il circolo d'illuminazione passerà allora per i poli (*fig.* 41); tutti i paralleli ne saran quinci divisi a metà, e il giorno risulterà eguale alla notte in tutti i punti del globo.

Ma oltrepassato appena l'equatore dal sole, il polo australe cadrà nelle tenebre, e il boreale nel lume (*fig.* 42). Quello avrà notti senza giorno, e questo giorni senza notte, mentre all'equatore il giorno e la notte si conserveranno eguali.

Continuando indi il sole ad avanzare verso il tropico boreale, aumenteranno verso i poli i punti che avranno un giorno continuo od una continua notte, finchè giunto il sole al tropico boreale (*fig.* 43) soggiaceranno alla prima vicenda tutti i paesi situati tra il polo boreale e il circolo polare artico, e alla se-

conda i paesi similmente situati al polo australe. I paesi di mezzo avranno il giorno più lungo della notte al nord dell'equatore, e la notte più lunga del giorno quelli di mezzogiorno. Finalmente a tal epoca il sole si trova nel solstizio estivo per i primi, e nell'invernale per i secondi.

Tutte le accennate vicende si compiono in ordine inverso quando il sole dal tropico australe riede al boreale.

La fig. 47 riproduce nel vero loro aspetto le principali posizioni relative della terra e del sole, cioè in A e in B le due posizioni solstiziali, e in C quelle degli equinozii.

229. Ora facilmente si vede come gli abitanti dei paesi situati fra i due tropici essendo sferzati quasi a perpendicolo dal sole, debbano soggiacere a un calore intensissimo, e avere invece un clima freddissimo quelli che sono tra i poli e i circoli polari, sì per la grande obbliquità sotto cui vi giungono i raggi solari, sì per le lunghissime notti che vi succedono: mentre i popoli intermedii ai tropici e ai circoli polari godranno di una mite temperatura per la minore obbliquità dei raggi medesimi, e per le particolari alternative di giorni e di notti alle quali vanno soggetti. Quinci è che la fascia di superficie terrestre compresa fra i tropici fu detta *zona torrida*, *zone glaciali* si chiamarono invece le regioni comprese fra i poli e i circoli polari, e *zone temperate* quelle situate fra ciascun tropico, e il circolo polare corrispondente.

230. *Stagioni*. Le accennate cagioni onde dipendono le modificazioni di temperatura che si risentono nei varii

climi, producono eziandio il periodico avvicendarsi delle stagioni. La primavera per gli abitanti del nostro boreale emisfero comincia quando il sole è al primo punto di ariete, l'estate quando si trova al tropico di cancro: il suo apparire al primo punto della libra annunzia il principio di autunno, e il suo arrivo al tropico di capricorno dà il principio d'inverno.

Per converso i popoli dell'emisfero australe hanno le stagioni opposte a quelle che regnano nell'emisfero settentrionale.

231. È osservabile un siffatto collocamento delle stagioni relativamente alle situazioni del sole nell'ecclittica: se il massimo calore e il massimo freddo corrispondessero alle epoche in cui la possanza dei raggi solari è massima o minima, sarebbe stato conveniente il collocare nei solstizii e negli equinozii il mezzo, non già il principio delle stagioni. Ma avviene invece che nè al solstizio estivo, in cui l'azione solare è la più veemente, si ha il caldo più intenso, nè il freddo più pungente coincide col solstizio vernale in cui tale azione è la minima. Ciò dipende dacchè il riscaldamento come il raffreddamento dei corpi non è istantaneo, ma per più cause successivo, sicchè richiedesi certo spazio di tempo perchè i corpi posti alla superficie del globo concepiscano un'alta temperatura, o se ne spoglino. Così si vede che il massimo caldo della giornata non corrisponde già alla massima altezza del sole nel mezzodì, sebbene allora l'ardor dei suoi raggi sia il più cocente, ma coll'ora terza pomeridiana: imperocchè il calorico emesso dai corpi anche dopo il meriggio è compensato ad usura dai

raggi sopravvegnenti del sole, benchè meno gagliardi, ond'è che il calor generato dai primi s'aumenta fino a tanto che declinando vieppiù il sole e infievolendosi la sua azione, questa non infonda più quel calore nei corpi ch'essi perdono. Per converso il raffreddarsi dei corpi continua anche dopo la mezzanotte, sicchè il massimo freddo succede poco avanti il levare del sole.

232. Per ragioni analoghe il freddo seguita a ingagliardire nel nostro emisfero anche dopo il 21 di dicembre, giorno stabilito pel principio del verno, sebbene in tal dì l'altezza meridiana del sole risulti la minima: ed il caldo continua a farsi più intenso anche dopo il 21 di giugno, fissato per il principio d'estate, sebbene in tal giorno l'altezza meridiana del sole risulti la massima. Vaglia un simile ragionamento riguardo alla media temperatura di primavera e di autunno.

233. Vero è che il caldo o freddo massimo, come il minimo, come il medio, non essendo per cause locali e particolari contemporaneo nei varii paesi dello stesso emisfero alle varie latitudini, non sarebbe stato possibile di assegnare epoche comuni al cominciar delle diverse stagioni, prendendo norma dalla sola temperatura. Furon però adottati gli equinozii e i solstizii, perchè almeno tal cominciamento coincidesse con fenomeni astronomici conosciuti.

Della luna.

234. Nella luna come nel sole, oltre il diurno, rilevasi un apparente moto di circolazione da occi-

dente in oriente, per cui essa percorre in 27 giorni e circa $^{1}/_{3}$ il suo circuito intorno alla terra alquanto inclinatamente all'ecclittica, che incontra in due punti chiamati *nodi*.

235. *Fasi lunari*. I diversi aspetti che la luna presenta, e che diciam *fasi*, sono un manifesto risultamento della sua posizione rispetto al sole e alla terra, e provano che la mole ne è sferica, e che deve il suo splendore al maggior luminare.

Quel debole chiarore detto *luce cinerea*, che ci rende visibile la parte oscura del di lei disco, è luce che la terra rischiarata dal sole manda al suo satellite come in ricambio di quella che ne riceve.

Invisibile la luna quando si trova fra il sole e la terra, ossia in *congiunzione*, comincia poco dopo a mostrarci una porzione del suo disco in forma di falce o d'un debole arco lucente, che aumenta a poco a poco a misura ch'essa s'allontana dal sole. Giunta ben presto a una distanza da questo di 90°, o come dicesi alla prima *quadratura*, vi compare per metà illuminata, ossia *fa il primo quarto*: seguita indi la luna a crescere finchè posta in dirittura col sole, ossia in *opposizione*, brilla in tutto il suo disco di viva luce, e si fa *luna piena*. Compiuto il *plenilunio*, prende tosto ad accostarsi al sole dalla parte d'oriente, e comincia nel tempo stesso a scemare: entra indi nella *seconda quadratura* a far l'*ultimo quarto*, dopo cui ricompare *falcata*, calando sempre finchè ritorna in *congiunzione*, ossia al *novilunio*. La fig. 44 può servire ad illustrare la spiegazione delle descritte fasi lunari.

Egli è nel torno delle due estreme fasi lunari no-

vilunio e plenilunio, che si compiono a quando a quando quei segnalati oscuramenti dei due grandi luminari, che diconsi ecclissi.

236. *Ecclissi.* Ecclisse solare dicesi l'apparente oscurarsi del sole quando la luna s'interpone fra quest'astro e la terra: ed ecclisse di luna l'oscuramento del disco lunare, che succede quando la terra si frappone tra la luna ed il sole (*fig.* 45).

Se l'orbita della luna giacesse nel piano dell'ecclittica, passando essa ogni mese dinanzi al sole nel novilunio, e dietro la terra nel plenilunio, si avrebbero ogni mese due ecclissi, uno di sole, l'altro di luna. Ma essendo l'orbita lunare inclinata per circa 5° all'ecclittica, non è che presso i punti d'intersecazione di quella con questa, ossia nei nodi, che potranno quegli avvenire.

237. Un ecclisse lunare può essere *totale*, *parziale*, *centrale*. Se il disco lunare s'immerge interamente nell'ombra terrestre l'ecclisse è totale; è parziale se vi penetra in parte. La porzione del disco che non cade nell'ombra, trovasi allora nella *penombra* compresa fra i due coni tangenti al sole e alla terra.

Quando il centro della luna si ritrova sull'asse dell'ombra conica, che la terra produce dietro di sè, l'ecclisse è detto centrale.

238. La estimazione dell'estensione di un ecclisse si fa in digiti e minuti, calcolando il disco lunare diviso in dodici digiti o zone parallele, e ogni digito in 60'. Se l'ecclisse è totale e il diametro dell'ombra maggior di quello della luna, si dice che l'ecclisse è di un numero di digiti proporzionalmente maggior di dodici.

239. Similmente gli ecclissi del sole sono *totali* o *par-*

ziali, secondo che la luna c'invola tutto o in parte il disco solare; e se ne lascia visibile tutto l'orlo lucente, l'ecclisse è detto *annulare*.

Tal varietà di apparenze dipende dalla variabile distanza della terra dalla luna e dal sole, e dal trovarsi questi due astri più o meno esattamente con quella in una medesima dirittura.

240. Gli ecclissi di luna procedendo da un reale ombreggiamento del disco lunare, sono sempre universali per tutti i paesi che hanno la luna sopra l'orizzonte: al contrario uno stesso ecclisse solare apparisce diverso nei diversi paesi, e ad alcuni riesce invisibile per la poca ampiezza dell'ombra lunare.

241. Rimarchevoli sono gli ecclissi totali del sole per la cupa oscurità che li accompagna, e la costernazione che infondono: le stelle allora rifulgono, gli uccelli fuggono ai loro nidi, e la natura sta come soprappensiero finchè dopo brevi e solenni istanti, un vivo getto di luce scagliasi a rianimarla dalla pallida aureola che cinge il sole in deliquio, e l'astro smarrito torna poco a poco a mostrarsi nel suo maestoso splendore.

La durata dell'oscurità totale in questi ecclissi, che d'altronde sono assai rari, non può eccedere 6^{m}, 10^{s} alla latitudine di Parigi.

242. Prodigioso e fuori dell'ordine naturale fu l'ecclisse avvenuto alla morte di N. S. Gesù Cristo, e per la sua lunga durata, e perchè accadde nel plenilunio, in cui non può la luna ecclissare il sole, per esser la terra intermedia ai due astri.

Moto diurno ed annuo della terra.

243. Le osservazioni fin qui riferite s'accorderebbero a farci considerare il moto diurno come proprio della sfera stellata, e la terra come immobile nel centro di questa sfera. Ma in realtà la rivoluzione de' cieli non è che una mera apparenza dovuta alla rotazione della terra sopra se stessa, come una illusione agli occhi del navigante è il moto delle rive che fuggono.

244. La terra ravvolgendosi ogni dì sul proprio asse da occidente verso oriente produce quell'apparente girazione contraria che scorgiamo nel cielo da oriente verso occidente, alla quale si attribuisce la vicissitudine del dì e della notte. La rapidità del suo giro è all'equatore di ben 7 leghe per minuto, e il non essere da noi sentita non è argomento ad escluderla. Forsecchè chi sta nell'interno di una nave sospinta da vento equabile s'accorge del suo cammino? Per altra parte l'analogia del moto terrestre con quello degli altri pianeti, la incomprensibile velocità che nella contraria ipotesi dovrebbesi ammetter negli astri, ed infine osservazioni positive dimostrano ad evidenza la rotazione del globo. È per questa che i gravi cadendo non seguono appuntino la verticale; ma in virtù dell'impeto rotatorio che hanno all'altezza onde cadono maggiore di quella dei corpi sottoposti più prossimi all'asse di rotazione, vengono spinti alquanto verso oriente.

245. Ad una analoga conclusione conducono come vedemmo (§ 112), i rapporti scoperti col pendolo tra lo scemamento del peso dei corpi verso l'equatore, e la

forma schiacciata della terra, rapporti che fecero riguardare il di lei moto di rotazione, come la causa fisica più verosimile di tale schiacciamento.

246. Come la rivoluzione diurna del cielo è un'illusione prodotta dalla rotazione della terra sopra il suo asse, così la rivoluzione annua del sole è un'apparenza dovuta alla girazione della terra intorno a quest'astro. Facilmente s'intende come per tal girazione a noi che sempre riferir dobbiamo il sole al punto del cielo opposto a quello in cui ci troviamo, parer deve il medesimo compiere quel giro stesso che fa realmente la terra. Così trovandosi la terra in ariete, il sole apparir deve nell'opposto segno della libra, e passando quella nel toro, questo sembrerà progredire verso il segno di scorpione (*fig.* 46).

247. Or mentre con siffatto movimento annuale la terra compie ogni anno il suo giro intorno al sole, avviene che l'asse terrestre non cangia sensibilmente di direzione, e si conserva parallelo a se stesso. Indi la varietà e l'alternarsi delle stagioni. Infatti trovandosi la terra nei punti d'ariete o della libra, i suoi poli cadono sul cerchio d'illuminazione, mentre nei punti solstiziali uno di essi entra nel lume per 23° 28′, e l'altro s'immerge per egual tratto nelle tenebre (*fig.* 46, 47).

Con questa dottrina non del tutto ignota agli antichi, Copernico sul principio del secolo decimosesto veniva dichiarando felicemente i moti celesti, quelli compresi singolarissimi dei pianeti, a spiegare i quali invano sforzavasi l'ipotesi Tolemaica dominante allora nelle scuole, in cui si attribuiva il moto al sole, e la quiete alla terra.

248. *Caratteri e fasi.* Diconsi pianeti quegli astri rilucenti di lume placido e cheto, o assai men scintillanti delle stelle, i quali al par della luna e del sole cambiano continuamente di sito nel cielo, onde venne il loro nome di *pianeti*, che significa *erranti.* Nè però come il sole e la luna appariscono essi moversi costantemente giusta l'ordine dei segni zodiacali, ossia da occidente verso oriente, ma ora sembrano progredire, ora retrocedere, ora star come fermi, onde diconsi *diretti*, *retrogradi*, *stazionarii.*

249. Vedonsi successivamente in *opposizione* e in *congiunzione* col sole tranne Mercurio e Venere, che mai appariscono in opposizione, ma accompagnano sempre il sole da cui non si scostano, che oscillando entro certi limiti intorno al medesimo, mentre gli altri pianeti si pongono rispetto a quello in tutte le possibili distanze angolari.

250. Il pianeta Venere, che ora precedendo in oriente il sole, ora seguitandolo in occidente, fu detto *lucifero* ed *espero*, ossia *stella del mattino* e *di sera*, mai si allontana oltre 47 gradi dal sole nelle sue *escursioni* o *elongazioni*. Visto col telescopio alla sera quando accostasi al sole, apparisce in forma di una lucida falce col concavo a levante, che sempre diminuisce finchè oltrepassato quell'astro, ricompare precedendolo al mattino falcato di nuovo in senso opposto e crescente. La fase lucida aumenta a mano a mano che il pianeta s'allontana dal sole, ben presto diventa un semicerchio nella di lui massima elonga-

zione, e continua indi a crescere nel suo regresso verso il maggior luminare dove l'astro brilla in tutto il suo disco. Seguitando poi questo il di lui cammino, ricompare dall'altra banda alla sera in occidente, e il suo lume diminuisce passando per le fasi stesse che avea subite nel suo incremento.

251. Tali fenomeni provano ad evidenza che questo pianeta è una specie di luna girante intorno al sole da cui riceve il suo lume in un'orbita compresa nell'orbita della terra. Ciò dimostrano anche le variazioni di grandezza apparente che presenta il suo disco, posciachè quando esso si trova al di là del sole apparisce così impicciolito, che ben manifesta la sua maggior lontananza da noi; e per contrario quando s'avvicina alla terra, si raggrandisce di mole, mentre volgendo vieppiù a noi il suo tergo oscuro, va scemando di lume, finchè giunto a frapporsi tra il sole e la terra, il suo disco affatto oscurato presenta la massima ampiezza. A tal epoca vedesi talvolta il pianeta passar dinanzi al disco solare a guisa di una macchia nera, fenomeno che dicesi *passaggio*. Tal fenomeno è di altissima importanza in astronomia, giacchè offre il miglior mezzo che si conosca di determinare la parallasse, e però la distanza del sole.

Apparenze affatto analoghe a quelle di Venere, ma più difficilmente osservabili, presenta Mercurio: solo le sue elongazioni sono minori, perchè questo pianeta gira intorno al sole in un'orbita meno estesa, e non se ne allontana che per 29°.

252. L'osservazione degli altri pianeti dimostra che anche questi girano intorno al maggior luminare, ma in orbite che comprendono la terra, onde furon detti

pianeti superiori, mentre *pianeti inferiori* chiamaronsi Mercurio e Venere, le cui orbite non giungono fino a noi.

Se infatti non racchiudessero la terra nel loro circuito, mai si troverebbero in opposizione, e se non racchiudessero il sole non comparirebbe il loro disco pienamente illustrato allorchè portansi in congiunzione. Inoltre i pianeti superiori non hanno fasi, se si eccettui qualche piccola variazione di lume, che per la sua maggior vicinanza presenta Marte: ed infine i loro moti ci appaion retrogradi allorchè sono in opposizione; il qual complesso di fatti è del tutto consentaneo alla circostanza dell'esser questi più discosti della terra dal sole.

253. *Spiegazione dei moti proprii dei pianeti.* Le stazioni e retrogradazioni dei pianeti, a spiegar le quali imaginò Tolomeo l'inammissibile sistema degli epicicli, diventano anch'esse un necessario risultamento della relativa posizione della terra circolante come i pianeti intorno al sole, più rapida dei superiori, e più lenta degli inferiori.

E in quanto a questi ultimi è facile di vedere che quando dalla loro digressione orientale vanno all'occidentale, denno parerci diretti; e retrogradi invece nel loro regresso da oriente verso occidente.

Analoga è la causa delle apparenze più complicate che presentano i pianeti superiori. A ben comprenderle, serviamoci di una figura:

Siano (*fig.* 48) B C D E ecc., B′ C′ D′ E′ ecc. le orbite della terra e di Giove, BC, CD, DE ecc. archi percorsi in eguali intervalli di tempo dalla terra, e B′C′, C′D′, D′E′ ecc. archi pure percorsi da Giove

negli stessi intervalli, e però più piccoli dei precedenti stante la minore celerità di questo pianeta relativamente a quella della terra. Passando la terra da B in C, e Giove da B′ in C′ nel tempo medesimo, noi lo vedremo passare in C″ sulla sfera stellata, e il suo moto apparente sarà diretto. La terra proseguendo da C in D, e Giove da C′ in D′, il suo moto sarà sempre diretto, ma andrà a poco a poco allentandosi, finchè giunta la terra in E e Giove in E′ si combineranno gli apparenti loro moti per modo di farci vedere questo pianeta pressochè nella medesima dirittura, e come stazionario in E″. Da questo punto comincierà Giove a farsi retrogrado, e già parrà aver retrocesso in F″ quando esso sarà giunto in F′, e la terra in F. Continuando la terra e Giove a progredire in G e G′, continuerà l'apparente retrogradazione di Giove sempre più accelerandosi, ma si rallenterà dipoi finchè giunta la terra in I, sembrerà nuovamente Giove stazionario in I″. Quinci proseguendo la terra il suo cammino, ripiglierà Giove il suo moto diretto sulla sfera celeste.

La stessa dimostrazione s'applica a Marte e a Saturno con questa diversità, che movendosi Marte più rapido di Giove, Saturno più lento, in questo le retrogradazioni saran più frequenti, perchè la terra impiega minor tempo a raggiungerlo, e in quello per una causa inversa lo saran meno.

Prove del sistema copernicano.

254. Il complesso dei fenomeni fin qui dichiarati non lascia manifestamente luogo che, o a considerar con Copernico il sole qual centro delle orbite planetarie compresa nel novero di queste la terra, o se vuolsi la terra immobile ed il sole girante, ad ammettere che questo gran pianeta, mentre circonda il nostro piccolo globo, strascina seco nel suo giro i pianeti intorno a lui circolanti. Ma oltrecchè la prima supposizione concorda appuntino con tutti i fenomeni, soddisfa a tutte le analogie, e, quel che è più, consente colle leggi generali della meccanica, l'altra diventa invece un assurdo a fronte delle leggi medesime. Vogliono queste infatti, che due corpi, in uno spazio libero, circolare non possano che intorno al comun loro centro di gravità; onde si deduce, che stando la massa del sole e quella della terra nel rapporto di 354936::1, tal centro per questi due corpi non disterebbe che per 97 leghe dal centro del sole. Vero è che le leggi della meccanica celeste rimasero celate o avvolte in una nebbia misteriosa prima che il gran Newton giovatosi dei lavori di Galileo e di Keplero, e col sussidio del suo calcolo *delle flussioni*, che all'età di 27 anni già possedeva, si fosse elevato alla scoperta della gravitazione universale, e alla vera teoria del sistema del mondo.

255. *Leggi di* Keplero. Cercando Keplero con indefessa fatica di scoprire le leggi regolatrici dei moti planetarii, fu condotto alle tre seguenti, che possono dirsi la base di tutta la teorica astronomia.

1.ª Legge. *Le aree descritte dai raggi vettori dei pianeti sono proporzionali ai tempi in cui sono descritte.*

2.ª Legge. *Le orbite dei pianeti sono ellissi, un foco delle quali è occupato dal sole* (fig. 49).

3.ª Legge. *I quadrati dei tempi delle rivoluzioni planetarie sono proporzionali ai cubi delle medie distanze dei pianeti dal sole.*

256. A formarci una chiara idea di queste leggi ammirabili, facciamoci ad intendere cosa sia ellisse.

Si fingano pertanto sopra di un piano i due capi d'un filo fissati in due punti posti a distanza minore della lunghezza del filo stesso: se stirato tal filo mercè di un ago, facciasi strisciar quest'ago sul piano, tenendolo diritto, la punta d'esso descriverà un'ellisse.

I due punti fissi accennati FF′ (*fig.* 49) ne saranno i *due fochi*, la metà della loro distanza, l'*eccentricità dell'ellisse*, il maggior diametro AB tratto per questi, ne sarà il *grand'asse*, la metà dell'asse maggiore sarà la *distanza media*, il punto di mezzo di quest'asse sarà il *centro dell'ellisse*, e il diametro DE tratto per questo centro perpendicolare all'asse maggiore sarà il *piccolo asse*.

Diconsi *apsidi* i due punti estremi dell'asse maggiore: quello d'essi vicino al foco occupato dal sole, e che risulta il più prossimo a quest'astro di tutta l'orbita, dicesi *perielio*, e *afelio* l'altro più lontano. Finalmente una linea FT, che congiunga il sole e il pianeta, dicesi *raggio vettore*.

257. Ora le sopraccennate leggi Kepleriane, mentre serviron di scala al gran NEWTON per giungere al principio della gravitazione universale, somministrarono

la prova più irrefragabile del Copernicano sistema. Dimostra la prima legge, che i *pianeti primarii sono attratti verso il centro del sole*. La seconda dimostra, che la *forza attrattiva è in ragione inversa del quadrato delle distanze*. Infine dalla terza deducesi, che l'*attrazione è la stessa per tutti i corpi celesti, e proporzionale alle loro masse*.

258. Come al calcolo dei grandi movimenti compresi nelle leggi Kepleriane, s'applica il principio di gravitazione al calcolo eziandio delle minime perturbazioni, o *ineguaglità*, come dicon gli astronomi, *periodiche* e *secolari* (ossia di lunghissimo periodo), cui soffrono i corpi celesti in virtù delle reciproche loro ed inequabili attrazioni; perturbazioni così complesse, da non potersi facilmente esprimere con altro linguaggio, fuorchè quello simbolico dei Matematici. Luminoso risultamento di simile applicazione sono, e la coesistenza di queste perturbazioni od oscillazioni moltiplici, e la loro propagazione più o meno apprezzabile a tutte le parti del planetario sistema; propagazione in cui queste si conservano isocrone, sebbene non sincrone, e tali da non nuocere all'armonia dei moti primarii e degli effetti generali. Così una brezza increspa la superficie dell'oceano su cui trascorre, ma non strugge non turba il maestoso suo ondeggiamento.

259. *Precessione degli equinozii e nutazione.* Un'ineguaglianza secolare rimarchevolissima è la precessione degli equinozii, che consiste in un moto retrogrado dei punti equinoziali, per cui questi tendono a percorrere tutta l'ecclittica in 25868 anni. Per ciò le costellazioni che poco prima d'IPPARCO coincidevano

coi segni zodiacali, se ne sono di già allontanate per circa 30° sessagesimali, sicchè più non corrispondono alle stesse epoche dell'anno e alli stessi lavori di agricoltura. Tuttavia convennero gli astronomi di attribuir sempre i nomi e i segni d'ariete e della libra agli equinozii, di cancro, e di capricorno ai solstizii, benchè realmente questi quattro punti si trovino nelle costellazioni dei pesci e della vergine, dei gemelli e del sagittario.

260. Tale effetto è una conseguenza della rotazione combinata colla forma sferoidale della terra, e della ineguali tà d'attrazione solare e lunare sulle regioni equatoriali e polari. Per tal complessa cagione il polo dell'equatore percorre intorno al polo dell'ecclittica con moto lentissimo ed inequabile nel ciclo di 25868 anni un circolo di 23° 28′, o piuttosto un anello leggermente ondato per le alterne variazioni dovute alla rivoluzione tropica dei nodi lunari, il cui periodo come quello delle alternative anzidette è di 19 anni. Tali alternative, ossia oscillazioni periodiche, il cui effetto non eccede 18″, 5, costituiscono il fenomeno della nutazione. Or, siccome l'effetto uranografico di queste variazioni e il corrispondente cangiamento d'aspetto che presenta il firmamento, affetta non solo le stelle, ma il sole, la luna, i pianeti, così siam pur quivi costretti a spiegarle non altrimenti, che attribuendo un moto reale alla terra.

261. *Flusso e riflusso del mare.* Un altro effetto periodico e giornaliero della combinata azione del sole e della luna abbiamo nel flusso e riflusso del mare. Le masse liquide dell'oceano verso quella parte che riguardano il sole risultando più fortemente attratte

da questo, che non lo sia il centro della terra, per esser più vicine all'astro attraente, e per causa inversa meno attratte essendo quelle collocate nell'opposto emisfero, sollevansi le medesime in ambedue le parti, mentre si deprimono lateralmente. Analoga è l'azione lunare, anzi assai più forte per la prossimità della luna alla terra, sicchè l'effetto totale risulta massimo nella congiunzione e nella opposizione, o come dicesi nella *sigigie*, dove le due azioni cospirano, e minimo nelle *quadrature* dove si contrariano.

262. Gli effetti disgiunti di entrambe possono concepirsi in due onde di immensa base relativamente all'altezza, il cui vertice tende a porsi a perpendicolo sotto l'astro che le attira. Da queste si forma però un'onda composta, il cui punto culminante va necessariamente soggetto a variazioni di positura e di altezza, dipendentemente da analoghe variazioni nelle due onde accennate, variazioni che combinandosi cogli ostacoli opposti al libero moto delle acque presso il fondo e alle rive, non che all'inerzia delle acque medesime, fanno sì che l'ora vera dell'*alta* come della *bassa marea* in ciascun punto non coincide con quella teorica, che si calcola e si verifica in alto mare.

263. *Aberrazione della luce.* Un'ultima e bella prova del moto terrestre è l'aberrazione della luce scoperta da Bradley. Essa consiste in ciò, che le stelle sembrano in ciascun anno descrivere una piccola ellisse più o meno allungata dipendentemente dal moto proprio della luce combinato con quello della terra a cui partecipa l'osservatore. Avvenir deve infatti, che l'occhio invece di ricevere l'impressione diretta della luce che vien dalle stelle, una ne provi nella dire-

zione variabile del moto composto risultante da quei due moti contemporanei. In quella guisa che chi cammina mentre cade la pioggia in tempo tranquillo, non è riparato dal suo cappello, ma la prende in volto come se un vento ve la spingesse.

Idea generale del sistema solare.

264. Le cose fin qui discorse ci pongono in grado di formarci una giusta idea del magnifico e sorprendente meccanismo di tutto il planetario sistema (*fig.* 50).

Un globo immenso ricoperto da un oceano di foco, che irraggia il mondo di luce e lo vivifica col suo calore, sta come regolatore supremo d'altri minori globi o pianeti intorno a lui circolanti a sterminate distanze, mentre altri ancora più piccoli si rigirano intorno ad alcuni di que' primarii con maravigliosa armonia.

265. Contansi in oggi undici pianeti primarii, compresa la terra, e diciotto secondarii o *satelliti*, compresa la luna satellite della terra. Oltre il loro moto proprio di rivoluzione intorno al sole, riconobbero gli astronomi nella maggior parte di essi un moto di rotazione intorno a loro stessi, ed è uno dei fenomeni rimarchevoli del nostro sistema solare, che l'uno e l'altro moto sia per tutti diretto nel senso stesso, cioè da occidente verso oriente.

266. È pure osservabile, che i tempi degli accennati due moti di rotazione e di rivoluzione sieno eguali in ciascun pianeta secondario, sicchè questi volgano sempre al loro primario lo stesso emisfero, come sappiamo avvenir della luna, che ci mostra sempre la

stessa faccia, benchè lo stesso punto non corrisponda sempre al centro del suo disco, per l'irregolare suo moto nell'orbita propria, e per il fenomeno delle *librazioni.*

Oltre i pianeti coi loro satelliti, numerosi corpi d'indole particolare solcano in orbite allungatissime, ed in tutte le direzioni gli spazii celesti, e nel loro corso lontano così sentono ancora l'impero del sole, che richiamati dopo lungo periodo a questo centro comune, si fanno a noi talora visibili. Sono le *comete,* la cui apparizione fu per tanti secoli ai popoli oggetto di spavento e di sinistri presagii.

267. *Comete.* Le comete (che vuol dire *astri chiomati*) son corpi rilucenti come stelle o pianeti, circondati da una nebulosa atmosfera per lo più protendentesi in sembianza di ventaglio dalla parte opposta a quella del sole. *Coda* o *chioma* s'appella questa singolare appendice, e *testa della cometa* vien detta quella parte di essa dove sta l'astro, o come dicesi il *nucleo.*

Il maggiore splendore delle comete va connesso alla maggiore o minor loro vicinanza al sole, che le investe colla sua luce, e le dirada col suo calore.

Altre volte si riguardavano la comete come fenomeni d'origine meteorica o incerta: Newton provò che come i pianeti obbediscono al sole in orbite ellittiche, come risulta dagli elementi calcolati di circa cento di esse.

Laplace le suppone in origine nebulose erranti raccolte dal sole per virtù attrattiva, e ravvisa tale ipotesi come consentanea alla irregolare direzione de' loro moti.

268. I principali rapporti fra i pianeti ed il sole sono espressi nella seguente tavola.

	DISTANZA dal Sole in millioni di leghe	TEMPO della Rivoluzione Siderea					VOLUME Quello della terra essendo 1
		anni	giorni	ore	'	"	
Mercurio.	13 $\frac{36}{100}$		87	23	14	30	$\frac{1}{16}$
Venere .	24 96		224	16	41	27	$\frac{9}{10}$
Terra . .	34 51		365	5	48	49	1
Marte. .	52 39		686	22	18	27	$\frac{2}{10}$
Vesta . .	81 53	3	66	4	0	0	picciolissimi
Giunone.	91 28	4	126	0	0	0	picciolissimi
Cerere .	95 53	4	220	2	0	0	picciolissimi
Pallade .	95 90	4	220	16	0	0	picciolissimi
Giove . .	179 57	11	315	12	30	0	1,470
Saturno.	329 20	29	161	4	27	0	887
Urano. .	662 14	83	29	8	39	0	77
Sole. . .	. . . . .	. .	. .	. . .	. . .	. . .	1,328,460

Particolarità relative al sole e ai pianeti.

269. Incerte sono le nozioni che abbiamo sulla fisica costituzione dei corpi appartenenti al solare sistema.

270. *Sole.* Del sole che tutti gli altri governa, sappiamo essere sferica la forma e gazoso il luminoso inviluppo per non offrir traccia di luce polarizzata. Come gli altri corpi celesti s'aggira intorno a se stesso e compie il suo rivolgimento nel periodo di circa 25 giorni ½, del che avvertì l'osservazione delle macchie che in esso si scorgono. Pende ora la questione, se la natura mutabile di tali macchie abbia relazione colle terrestri temperature, il che non è inverosimile stante la probabile connessione di quelle apparenze colle cause stesse della ignizione solare.

271. Sull'indole di tali cause nulla conosciamo di preciso. È forse la conflagrazione solare, effetto d'un ardore intestino a cui la materia dell'astro porga alimento, ovvero di un'atmosfera resa luminosa ed ignita per irruzioni di eteri imponderabili ? Fra queste ed altre congiietture ondeggiano le opinioni dei Fisici.

272. *Mercurio* e *Venere.* La grande prossimità al sole di Mercurio, e il vivo splendore del disco rischiarato di Venere non permettono di ben discernere circa la loro natura particolarità rimarchevoli, oltre quella delle loro fasi. Dalle macchie che vi si scoprono, si giudica che girano intorno al loro asse in tempo eguale a quello della rotazione terrestre, e che di essi soltanto ci riescano visibili le atmosfere.

273. *Marte.* In Marte invece si riconoscono contorni e contrasti di lume, quali offrirne potrebbero mari

e continenti; a quelli attribuendosi le regioni tinte in verdastro, a questi il color rosseggiante onde si caratterizza lo splendore di tal pianeta. HERSCHEL lo suppone cinto di atmosfera.

274. *Terra* e *luna*. In un'orbita che comprende Venere e Mercurio circola il pianeta nostro la terra, intorno a cui s'aggira la luna sua compagna fedele, 49 volte minore di essa in volume, e per 86,000 leghe distante dalla medesima. Tal distanza è grande, eppure non eccede che di poco la quarta parte del diametro del sole, la cui periferìa è però quasi doppia dell'orbita lunare.

275. Il potere de' nostri telescopii permise di distinguere nella luna monti, vallate ed eruzioni volcaniche: non vi si ammettono mari, nè vi si riconoscono nugoli o atmosfera sensibile. Se questa esistesse, se ne avrebbe indizio nelle occultazioni delle stelle e negli ecclissi del sole.

276. *Pianeti oltrazodiacali*. I rapporti scoperti fra le distanze planetarie indicavano una lacuna tra Marte e Giove, lacuna che fu riempiuta al principio di questo secolo collo scoprimento dei 4 pianeti oltrazodiacali *Cerere*, *Pallade*, *Giunone* e *Vesta*, i quali presi insieme non formano la 33ª parte della terra. La lor picciolezza non è il minor ostacolo che si oppose a ben conoscere le particolarità che possono concernerli.

277. *Giove*. Giove oltre di essere il più magnifico dei pianeti, è bello ad osservarsi pei 4 satelliti che gli girano intorno, e lo fanno come centro di un sistema che rappresenta in piccola scala il gran sistema solare di cui fa parte. La osservazione degli ecclissi di questi satelliti fruttò la interessante scoperta della ve-

locità della luce. Rota rapidamente sopra se stesso in 9^o 55^m, 50^s siderali, ed è però proporzionalmente schiacciato ai suoi poli. Gode di un'atmosfera, ed il mutabile aspetto come la costante direzione delle bande o zone che lo cingono all'equatore annunzia in questa effetti analoghi ai nostri venti alisei, ma assai più energici.

278. *Saturno.* Spettacolo anche più stupendo presenta Saturno colle sette lune che lo corteggiano, e col duplice anello che lo circonda. Il diametro di questa straordinaria appendice è di ben 63880 leghe, ed è perpendicolarmente al suo piano che si compie in 10^{ore}, 18^m siderali la rotazione del pianeta, il quale presenta d'altronde delle zone oscure analoghe a quelle di Giove dovute sicuramente ad analoghe cagioni.

279. *Urano.* Ad Urano si attribuiscono sei satelliti. La sua grande distanza sarà un continuo ostacolo a che possano aversi nozioni precise sulla di lui costituzione.

Astronomia siderale.

Stelle fisse.

280. Una parte interessantissima di studi astronomici è quella che riguarda le stelle *fisse* e le *nebulose*, e quanto sta collocato oltre i confini del nostro solare sistema.

281. *Distanze.* Sulle distanze delle stelle poco conosciamo di preciso. Bensì possiam dire, che le più prossime distano almeno da noi duecento mila volte più del sole, e che allo sterminato loro numero se

ne aggiungono ogni dì delle nuove e probabilmente delle più distanti, a misura che col perfezionarsi dei telescopii più addentro si penetra nell'abisso in cui sono sparse.

Gli Astronomi a calcolare le distanze delle stelle posero in opera il *metodo parallatico*.

282. *Parallasse*. La parallasse d'un astro (che vuol dir traslocamento) presa in lato senso, è l'angolo costituito in quell'astro da due visuali che vi s' incrocicchiano, trattevi da due luoghi diversi. Un tal angolo corrisponde manifestamente all'apparente distanza dei due punti in cui vedrebbesi l'astro sulla volta celeste da due spettatori collocati nei luoghi donde partono le visuali accennate.

283. In astronomia dicesi *piccola parallasse*, e talvolta *parallasse diurna* d'un astro la metà dell'angolo sotteso dalla terra o da un suo diametro, col vertice in quell'astro. E *grande parallasse*, o *parallasse annua*, o anche parallasse del *grand'orbe*, la metà dell'angolo similmente sotteso dal grand'asse dell'orbita terrestre.

La parallasse diurna sopra definita è evidentemente il massimo degli angoli o delle parallassi che si otterrebbero dirigendo all'astro due visuali, l'una dal centro della terra, l'altra da un punto qualunque della sua superficie.

284. Dimostra la geometria, che l'angolo sotteso da un oggetto varia in ragione inversa della distanza del suo vertice dall'oggetto medesimo, quando l'angolo è piccolo.

Così la parallasse della luna, ossia l'angolo sotteso dal raggio terrestre è di un grado, e corrisponde a una distanza di circa 60 raggi terrestri, cioè a 86,000

leghe: mentre la parallasse del sole essendo di 8″,6, la sua distanza media dalla terra risulta di 34 milioni di leghe.

285. Or per le stelle si trova, che tal parallasse è affatto inapprezzabile, il che dimostra, formare il raggio terrestre una frazione piccolissima della loro distanza. Però a calcolarla si ricorse alla *parallasse annua.*

286. Ma chi direbbe che anche questa risulta così piccola, da frammischiarsi facilmente agli errori inseparabili dai procedimenti che la somministrano; e che però lo stesso grand'asse dell'orbita terrestre sarebbe una frazione insignificante delle distanze stellari? Si calcola infatti, che se tal parallasse fosse almeno di un minuto secondo per una stella, la distanza di questa sarebbe circa 206 mila volte il semigrandasse dell'orbita terrestre, o in numero tondo di otto milioni di milioni di leghe...!

287. Ciò non ostante dobbiamo a Bessel-di-Kenisberg la misura della parallasse annua per la 61.ª del Cigno, cui trovò di 0″,31 corrispondente a una distanza 600 mila volte maggiore della media distanza del sole: cosicchè la luce colla sua prodigiosa velocità di 77 mila leghe per minuto secondo, impiega ben dieci anni per valicarla.

288. Tali risultamenti applicati a calcolare le distanze delle stelle telescopiche sull'ipotesi, che fra queste ve ne abbiano di prima grandezza, conducono a numeri così prodigiosi, che la imaginazione vi si smarrisce; tanto è magnifica l'opera di Colui che volle in questa darci una manifestazione della ineffabile sua potenza!

289. *Moti proprii delle stelle.* Le stelle già dette e credute fisse non lo sono, che relativamente ai nostri

sensi. Halley aveva già congetturato, e Cassini provato perentoriamente, che le medesime non sono altrimenti così immobili nelle rispettive lor sedi, da non dar luogo a qualche cangiamento nelle relative loro situazioni: ma era riservato a W. Herschell di annunciare, come fece sul principio del secolo presente, la natura e la legge di questi singolari traslocamenti.

290. Stava egli investigando qualche traccia di parallasse nei moti relativi delle stelle appartenenti a quei gruppi che diconsi *stelle doppie* o *multiple*, quando una parallasse di un ordine più elevato gli si offerse, che procedendo da un moto proprio del solare sistema dicesi *sistematica*: mentre l'accurato esame dei moti medesimi lo condusse a quest' altra gravissima conseguenza, che cioè quei gruppi sparsi in grandissimo numero nel firmamento, non erano altrimenti formati, come credeasi, da stelle indipendenti e quasi soprapponentisi per effetto fortuito di perspettiva; ma veri sistemi di stelle dipendenti tra loro, e legate dallo stesso vincolo di attrazione reciproca, che regge i corpi del sistema solare, dove le minori circolavano periodicamente attorno alle maggiori, appunto come la terra circola attorno al sole.

291. Però separando egli colla sagacità che gli era propria, e considerando in complesso i moti individuali e comuni di tali stelle, dichiarò i primi con siffatto circolamento periodico, ed espresse i secondi in una generale tendenza degli astri ad allontanarsi da uno stesso punto del cielo corrispondente alla λ di Ercole, tendenza che naturalmente tradusse in un moto progressivo di tutto il nostro sistema verso quel punto medesimo.

292. Così furono stabiliti e registrati nella scienza questi due magnifici risultamenti :

1.° Che il nostro sole col corteggio de' suoi pianeti progredisce ogni anno avanzandosi verso la costellazione d' Ercole.

2.° Che le stelle doppie onde è gremito il firmamento sono veri sistemi di soli giranti intorno ad altri soli.

Nebulose.

293. Diconsi *stelle nebulose* certi astri, che appariscono nel centro di una immensa atmosfera lattea, forse analoga a quella ond'è cinto l'equatore solare, e onde procede la così detta *luce zodiacale.*

Nebulose sono invece chiamate certe macchie biancastre più o meno diffuse, che si trovano sparse irregolarmente e in gran numero nel firmamento.

Molte di queste si risolvono in aggregati di stelle innumerevoli come le osservò HERSCHELL : le altre non sono risolubili (per quanto consentì di esplorarle la potenza dei nostri telescopii), e possono però aversi per ammassi di materia luminosa. HERSCHELL le distingue in *stellari* e *planetarie.*

Le nebulose stellari godono di uno splendore, che va crescendo dalla periferia verso il centro. In ciò assomigliansi a molte nebulose risolubili, e si può stabilire per congettura fra queste e quelle una possibile identità di costituzione.

Le planetarie invece si caratterizzano per tale omogeneità o gradazione uniforme di lume, da non poter confonderle colle prime.

294. *Via lattea.* La via lattea risultò ad Herschell pressochè intieramente formata da innumerevoli stelle insieme congregate, sebben riferibili a cento settantacinque gruppi distinti, o ad altrettante nebulose distribuite in un immenso strato, verso il cui mezzo si trova il nostro sole.

La sua forma di una banda o zona luminosa, che cinge il cielo, non è che una apparenza, o un effetto di perspettiva; e si deduce dalla accennata posizione relativa del sole, e dal biforcarsi che fa in questo punto in due parti lo strato stellifero.

Tal è il numero di stelle contenuto in questa zona meravigliosa, che Herschell ne contò ben 331 mila in uno spazio di soli cinque gradi.

Gli astronomi vanno speculando sulle mutazioni e trasformazioni possibili delle nebulose, e della materia fosforescente interposta alle stelle che vi si agglomerano, e sparsa con tanta profusione nell'universo, supponendo, guidati dall'analogia, che anche questa obbedisca a forze di reciproca attrazione.

Misura del tempo.

Le unità più appropriate ai bisogni dell'uomo per la misura del tempo sono l'anno *tropico* e il giorno *solare*.

295. *Giorno solare e siderale.* Il giorno *solare* è l'intervallo fra due successivi ritorni del sole al meridiano, e si distingue dal giorno *siderale*, che è l'intervallo fra due analoghi ritorni di una stella qualunque. Questo è un po' più corto del primo, perchè

il sole in virtù dell'apparente suo moto proprio, si trasporta ogni dì alcun poco verso oriente. E siccome tale trasporto è inequabile, così inequabile risulta la durata del giorno solare. Indi la distinzione del giorno *vero* dal giorno *medio*.

296. *Giorno vero e giorno medio*. Il giorno *vero* è quello dato dal reale passaggio del sole al meridiano, e il giorno *medio* sarebbe quello dato da un orologio esattissimo, il cui valore corrispondesse alla media di un grandissimo numero di giorni presi in un periodo assai lungo, per compensare tutte le ineguaglianze che ne alterano la durata.

297. *Giorno naturale e artifiziale*. Il giorno fu pure distinto in *naturale* e *artifiziale*. Il naturale si conta dall'orto all'occaso: gli Ebrei e i Romani lo dividevano in dodici ore, e in altrettante la notte; e dividevano inoltre il giorno naturale in quattro parti di 3 ore ciascuna, dette *prima*, *terza*, *sesta* e *nona*. Prima cominciava col nascere del sole, terza tre ore dopo, sesta al mezzodì, nona tre ore avanti il tramonto. Però si vede, che in tale sistema le ore diurne non eguagliavano in durata le ore notturne che agli equinozii.

298. Il giorno *artifiziale* abbraccia il giorno naturale e la notte. I Babilonesi e i Persiani lo cominciavano dal nascer del sole, gli Ateniesi e gli Ebrei dal suo tramontare, siccome fecero gli Italiani fino a questi ultimi tempi.

Ora tutte le nazioni europee pigliano il cominciamento del giorno da mezzanotte, e contano di 12 in 12 le 24 ore in cui si divide. Gli astronomi contano invece fino a 24 dall' uno all' altro meriggio: quindi

il *giorno astronomico* comincia 12 ore dopo il principio del *giorno civile*, e si divide come quello in 24 ore, che solo contansi diversamente: così a ore 6 di mattina del 2 gennaio corrispondono astronomicamente ore 18 del primo di detto mese. L'ora è poi divisa in 60 minuti, il minuto in 60 secondi, e così procedendo per una sessagesimale divisione.

299. *Anno tropico.* L'anno *tropico* si riferisce al ritorno del sole allo stesso equinozio. Si distingue dall'anno *sidereo*, che si compie quando il sole riede alla medesima stella.

300. *Anno sidereo.* L'anno sidereo corretto da certe inegualità periodiche che lo affettano, ha una durata *media* un po' maggiore dell'anno tropico, a cagione dell'annuo moto dei punti equinoziali. Ma tal moto è esso stesso soggetto a certe inegualità, per cui al suo valor naturale si sostituisce un valore artificiale, che forma l'anno *tropico medio*. Risulta questo di 365^g, 2425 nel computo gregoriano, mentre il suo valore attuale è propriamente di 365^g,24224.

301. *Calendario.* L'oggetto del calendario e di adottar tal divisione del tempo in settimane, mesi, stagioni ed anni, che si concilii colla incommensurabilità sussistente tra l'anno e il giorno, sicchè non risulti confusione nella cronologia. Però si convenne dapprima di formar l'anno comune di 365 interi giorni, e di aggiungerne uno ad ogni quarto anno, che fu detto anno *bisestile* da *bissexto*, poichè si collocò quel giorno *intercalare* o *complementare* dopo il 24 febbraio, che era il sesto prima delle calende di marzo.

302. Simil correzione introdotta da Giulio Cesare 45 anni prima dell'Era nostra sarebbe riuscita esatta, se

l'anno fosse stato precisamente di 365 giorni e un quarto, ma essendo alquanto minore, già nel 1582 avea prodotto un errore di giorni 10, sicchè l'equinozio di primavera che doveva accadere ai 20, era avvenuto ai 10 di marzo. Ciò diè luogo ad un' altra correzione o riforma detta *Gregoriana*, dal nome del Sommo Pontefice Gregorio XIII che la promosse.

303. In questa si soppressero tre bisestili ogni 4 secoli, onde per sapere se un anno secolare è bisestile, basta vedere, se tolti due zero dal numero che lo rappresenta, il resto è divisibile per 4, come succede per 1,600. Al contrario 1700, 1800, 1900, che sarebbero bisestili nel calendario *Giuliano*, non lo sono più nella riforma Gregoriana. Per tal correzione si avrebbe appena il divario di un giorno in 3000 anni.

304. *Gnomonica.* La gnomonica insegna a costruire gli *orologi a sole*. Constano questi di uno stile, la cui ombra indica le ore del giorno, col suo arrivo sulle linee *orarie* segnate sopra un *quadrante* per lo più verticale. Presso gli antichi lo stile era verticalmente infisso su d'un quadrante orizzontale, e si chiamava *gnomone*, onde venne il nome di gnomonica. Ma siccome in tal disposizione la linea d'ombra non potea coincidere colla linea oraria corrispondente che a mezzogiorno, si pensò di ottenere tal coincidenza col dirigere al polo lo stile del quadrante, che allora prende il nome di *asse*. Infatti in tal positura l'asse del quadrante si confonde con l'asse del mondo, e il piano orario con quello dello stile e dell'ombra.

305. La linea oraria che dà il mezzogiorno vero, dicesi *meridiana*. Questa, per quel che fu detto nel § 297, non può servire a regolar gli orologi, ma si costruisce

a tal fine la *meridiana a tempo medio*. Così chiamasi una curva serpeggiante in forma di 8 intorno alla *meridiana del tempo vero*, cui taglia quattro volte per le quattro epoche in cui il tempo medio coincide col tempo vero nel decorso annuale, ed è così calcolata, che comprende i punti nei quali l'estremità dell'ombra ogni dì si ritrova, nel momento del mezzodì medio.

306. A difetto di questi quadranti, denno usarsi per regolare gli orologi le tavole che danno la così detta *equazione del tempo*, ossia la giornaliera differenza del mezzodì vero dal medio, onde raccogliesi di quanti minuti l'indice dell'oriuolo deve avanzare o retrocedere dal punto delle ore 12, giusta l'ora che segnar deve al vero istante del mezzodì.

307. *Settimana*. Antica quanto l'uomo e quanto ogni altra partizione del tempo è la settimana. Il nome di ferie dato a sei dei sette dì che la compongono allude manifestamente alle sei giornate della creazione. I popoli idolatri li denominarono dalle false loro divinità. Imperocchè consacrarono essi la 1.ª ora del sabbato a Saturno, la 2.ª a Giove, la 3.ª a Marte, la 4.ª al Sole, la 5.ª a Venere, la 6.ª a Mercurio, la 7.ª alla Luna; poi la 8.ª a Saturno e così via via sino alla 24.ª che fu sacra a Marte: sicchè la 1.ª del giorno seguente lo rimase al Sole. Continuando nello stesso ordine si trova, che la prima del dì successivo sarebbe sacra alla Luna; e così il primo dei giorni rimanenti alle altre deità, da cui i medesimi tolsero il nome.

308. *Del mese*. Il mese offre un'altra divisione del tempo, che si riferisce al ritorno periodico delle fasi lunari. Dicesi *mese sinodico* il tempo che passa fra due novilunii consecutivi, e *mese periodico* quello che la luna

impiega a percorrere la di lei orbita. Questo è un po' men lungo del primo, poichè quando la luna da una congiunzione ritorna all'altra, non ritrova già il sole nello stesso punto del cielo dove lo avea lasciato, ma alquanto più avanzato verso oriente: ond'è che per raggiungerlo, deve essa necessariamente seguitare il suo moto per qualche tempo: tal tempo unito al periodico forma appunto il mese sinodico, in cui compiesi un'intera *lunazione.* Un simil periodo è per altro variabile, a cagione delle ineguaglianze proprie dei moti della luna e del sole, e si calcola di circa 29 giorni e mezzo il suo valore medio.

309. *Anno e ciclo lunare, epatte, ciclo solare, ciclo d'indizione, periodo Giuliano.* Dodici lunazioni costituiscono l'*anno lunare,* che risulta di 11 giorni minore dell'anno terrestre. Indi è che le fasi lunari non ritornano ogni anno nell'ordine stesso: così se il novilunio succede al 1.° gennaio, nell'anno seguente compirebbe la luna nel giorno stesso l'undecimo dell'età sua, il vigesimosecondo nell'anno terzo, nel quarto si conterebbero 33 giorni, ma si direbbero 3, diffalcandone 30 appartenenti alla precedente lunazione. Questi giorni dell'età lunare al principio dell'anno, diconsi *epatte*; variano ogni anno, ma ritornano nell'ordine stesso dopo un periodo di circa 19 anni, che fu detto *ciclo lunare.* Tal periodo fu adottato con tanto applauso dai Greci, che ne affissero il computo in lettere d'oro, onde *numero d'oro* fu detto quello che indica l'anno corrispondente del ciclo lunare.

Il calcolo astronomico delle epatte differisce alquanto dall'Ecclesiastico, per cui si volle, che la Pasqua dei Cristiani mai convenire potesse col plenilunio pasquale degli Ebrei.

S'usano pure nella cronologia il *ciclo d'indizione*, che è un periodo di 15 anni non già astronomico, ma relativo a certi atti giudiziarii introdotti in Roma ai tempi di Costantino; e il *ciclo solare*, che è un periodo di 28 anni, dopo cui gli stessi giorni del mese ritornano a cadere negli stessi dì della settimana denotati colle sette prime lettere dell'alfabeto, che per la dignità della domenica furon dette *lettere dominicali*.

Finalmente si ha il *periodo Giuliano* di 7980 anni dato dal prodotto dei 3 cicli sopra riportati 28, 19, 15, dopo il quale le note e i numeri di tali cicli tornano a ricorrere nel medesimo ordine.

FINE DELLA PRIMA PARTE.

PARTE SECONDA

FISICA PARTICOLARE

CAPO I.

ATTRAZIONE MOLECOLARE.

310. L'attrazione molecolare, o forza d'aggregazione, è quella particolare tendenza che manifestano le molecole corporee d'identica natura a portarsi le une verso le altre.

311. Ignota finora è la legge di tal tendenza: solo sappiamo che *essa non produce effetti sensibili che a distanze insensibili*; dipende dalla natura delle molecole su cui si esercita; e si modifica assiduamente sotto il mutabile influsso degli altri agenti.

312. Nulla è l'attrazione molecolare nei gaz, le cui molecole si repellono mutuamente; comincia a manifestarsi sensibilmente nei liquidi; e se ne scorgono nella loro pienezza gli effetti, quando le molecole liquide, o gazose si solidificano.

313. A renderne sensibile l'influenza, basta premere l'un contro l'altro due dischi ben levigati di piombo, di cristallo, di marmo ecc., i quali aderiranno più o meno energicamente fra loro, anche nel vacuo.

Meglio poi si può giudicare della sua intensità dalla tensione che soffrir possono i fili metallici.

Uno degli effetti dipendenti dall'attrazione molecolare, attissimo a chiarirci sull'indole di questa forza, e per la generale cognizione e distribuzione scientifica de'minerali importantissimo, è il bel fenomeno della cristallizzazione.

Cristallizzazione.

314. Dicesi cristallizzazione il passaggio che fanno i corpi dallo stato liquido o gazoso a quello di poliedri solidi regolari detti *cristalli.*

Ogni sostanza può in favorevoli circostanze, solidandosi, assumere la qualità cristallina, se nell'atto del suo solidarsi non venga sturbata l'opera dell'attrazione molecolare.

La natura ce ne offre splendidissimi esempi nelle varie specie di minerali; e noi possiamo sovente imitarla, ora in un sale riavuto dal suo solvente, ora in un metallo fuso, che si rappigli per lento raffreddamento, or con altri procedimenti.

Ciò nonostante avviene, che s'incontrino i minerali più comunemente in masse informi, o come diconsi, *amorfe*, spoglie cioè di una regolare configurazione, e di quelle altre più intrinseche doti, che sono proprie dei corpi cristallizzati.

315. *Teoria d'*Haüy. Il celebre Haüy, che può dirsi il fondatore della cristallografia, studiando nell'interna loro struttura le varie serie di cristalli, che presenta il regno minerale, e investigando mercè della meccanica divisione e con altri mezzi d'osservazione e di analisi, quale ordinamento di parti corrispondesse alle svariate loro sembianze, rese dimostrato, come le medesime poteano tutte riferirsi a sette semplici forme generiche di poliedri, che chiamò *forme primitive*, e da queste derivarsi, per una appropriata e regolare addizione di materia cristallina, atta a produrre nella esterna loro configurazione, modificazioni simmetriche determinate.

316. Così dal cubo si passa al dodecaedro romboidale (*fig.* 94), e reciprocamente da questo a quello, aggiungendo a ciascuna delle sue faccie, o sottraendo, delle piramidi di base quadra formate di lamine sovrapposte, decrescenti l'una rispetto all'altra, e la prima rispetto alla faccia del cubo, per la sottrazione di una fila di molecole cubiche (di cui si suppone formata), fatta su ciascun lato di essa.

317. Considerando poi, che queste sette forme medesime poteano ravvisarsi come originate da altre ancora più semplici, cioè 1.° dal *tetraedro*; 2.° dal *prisma triangolare*; 3.° dal *parallelepipedo*; chiamò questi tre poliedri forme delle *molecole integranti*, nel concetto in cui era, che siccome tutti i cristalli avrebbero potuto considerarsi quali aggregamenti di simili generi di poliedri, così la forma di questi fosse la vera forma delle molecole primitive dei cristalli medesimi, sulle quali agiva l'attrazione molecolare.

318. A queste analogie, e relazioni geometriche, altre

ed altre se ne aggiunsero di poi più o meno intrinsecamente attinenti all'atomica costituzione dei corpi, le quali somministrarono nuovi ed importantissimi dati alla dottrina cristallografica.

319. *Relazioni tra la forma cristallina, e l'atomica costituzione dei corpi.* Può in generale stabilirsi, che le varie forme cristalline appartenenti ad una stessa sostanza si riferiscono alla medesima forma primitiva.

Ciò nonostante vi sono sostanze (e se ne hanno già otto, o dieci esempi), che sebbene composte degli stessi elementi, vestono forme cristalline conducenti a forme primitive diverse.

Come reciprocamente si conoscono sostanze composte di elementi essenzialmente diversi, che cristallizzano nella stessa maniera.

320. *Isomorfismo* e *bimorfismo*. *Isomorfe* furono dette simili sostanze di pari forma cristallina, benchè sostanzialmente diverse, e *bimorfe*, o *polimorfe* quelle, che offrono sotto forme inconciliabili una composizione identica od *isomerica,* come lo spato islandico (calce carbonata), e l'arragonite.

321. Un fatto rimarchevolissimo e relativo a quello soprariferito d'isomorfia, si è che i corpi isomorfi hanno in generale, se non sempre, una chimica composizione analoga.

322. Sarebbe qui il luogo (se i limiti a questo libro prefissi lo comportassero) di dare un cenno delle varie dottrine cristallografiche, a cui servirono di tema i sopra riferiti risultamenti.

Se non che la chimica genesi della molecola cristallina da cui bisognò partire in simile ordine di specolazioni, forma uno di que' fatti primordiali, che

superando ogni nostro mezzo di osservazione diretta, dovea dare origine a pensamenti varii, e a disparati sistemi.

323. *Leggi chimiche.* Due sono le leggi fondamentali che si contemplano nelle chimiche combinazioni dei corpi, cioè 1.° La legge *delle proporzioni definite;* 2.° La legge *delle proporzioni moltiple.*

La prima stabilisce, che le quantità relative o proporzionali, per cui una data sostanza entra in combinazione colle altre, risultano per la stessa sostanza invariabili.

La seconda legge vuole, che le accennate quantità della stessa sostanza data, abbiano fra loro rapporti semplici, significati e compresi in alcuni dei primi termini della serie dei numeri naturali.

324. Siffatte leggi consuonano perfettamente coll'ipotesi della esistenza degli atomi (§§ 8, 17) senza che questa ne conseguiti necessariamente.

Però non rispondono queste leggi alla grave quistione, che si presenta nella chimica come nella cristallografica dottrina, cioè se le quantità ponderabili dei componenti costitutivi delle molecole corporee siano veri atomi indivisibili, ovvero aggregamenti di atomi.

325. Ciò solo pongono fuor di dubbio, che i diversi gradi di combinazione di una sostanza qualunque, corrisponder devono a un diverso numero di quantità equipollenti di tal sostanza, e che quinci i pesi di queste quantità presi in somma risultar devono moltipli di quello relativo alla minima di tali quantità, che fu detta atomo, ossia *equivalente chimico* di quella sostanza.

326. Fondati su queste leggi, varii fisici, e anzi tutti il celebre AMPÈRE, cercarono di dedurre da conside-

razioni geometriche sulla distribuzione regolare e simmetrica degli atomi nei gruppi molecolari, le varie forme poliedriche conciliabili insieme coi risultamenti dell'analisi chimica, e colle forme cristalline dei corpi.

327. Altri invece a spiegare i varii risultamenti della cristallizzazione giudicarono doversi prendere in considerazione, fra le condizioni riguardanti l'atomica costituzione dei corpi, anzichè il numero degli atomi, i loro volumi specifici, e la legge di condensamento che li fa variare nei varii stati e nei varii gradi delle loro combinazioni.

328. È per altro da osservarsi, che questo nuovo elemento del volume atomico introdotto nella dottrina corpusculare riposa, come l'idea stessa dell'atomo, sopra una ipotesi, e non esprime che il volume occupato da uno stesso numero d'atomi.

329. Checchè ne sia, in questa dottrina si farebbe dipendere l'isomorfia dei corpi da una semplice sostituzione di volumi atomici eguali, e la dimorfia dai condensamenti e dai volumi diversi di uno stesso elemento atomico in una stessa combinazione.

Ma di questa e d'altre dottrine cristallo-atomiche generalmente inadequate, per lo più fondate sopra supposizioni gratuite o non dimostrabili, e talvolta inconciliabili coi risultati della esperienza, ci tenghiam volentieri dispensati dal favellare partitamente.

Ciò solo osserveremo, che tra i fatti finora non ben conosciuti, che pur dovranno prendersi in seria considerazione per ispiegare in tutti i loro accidenti i fenomeni della cristallizzazione, uno importantissimo è quello dell'*allotropia*.

330. *Allotropia*. Allotropia propone BERZELIUS chiamare

il singolare fenomeno, per cui uno stesso corpo semplice, come lo zolfo, il carbone, il silicio, per sole mutazioni intestine nella sua molecolare struttura può offrirsi con proprietà ed apparenze in tutto diverse da quelle che lo caratterizzavano prima di siffatte mutazioni. Il solo magistero delle forze molecolari o d'aggregazione, e l'accessorio intervento di estrinseci agenti, basta a dar luogo a sì profondi cangiamenti.

Non pochi sono gli effetti che nel regno organico ed inorganico si presentano, e che all'allotropia si collegano, fra i quali le singolari metamorfosi di certi composti, che sembrano per dir così cangiar di natura non per addizione, o sottrazione, o sostituzione di elementi, ma per nuovi modi di equilibrio, in cui compongonsi questi elementi medesimi.

Capillarità.

331. Le chimiche affinità, come la forza di attrazione molecolare, possono intervenire a produrre fenomeni di semplice adesione, scompagnata da ogni chimica combinazione apparente.

Così una lastra di vetro aderisce ad una di quarzo, il piombo allo stagno, l'oro all'argento ecc.

Moltiplicando i punti di contatto si rinforza l'adesione, e si fa più stabile e più perfetta.

Quinci le indorature, le vernici, i colori offrono esempi di fortissima adesione contratta per semplice contiguità di parti.

Similmente i liquidi aderiscono ai solidi, che ne rimangono bagnati : i solidi come i liquidi danno

luogo a condensamenti di gaz seguiti da altri fenomeni fisici peculiari, che non annunziano chimica combinazione.

Ed infine molte soluzioni in proporzioni non definite hanno luogo, che confinano coi fenomeni precedenti, comecchè propriamente di chimica origine siano le forze che li producono, e non da qualche chimico risultamento generalmente e totalmente disgiunte.

Una importante classe di fenomeni riferibili a questa attrazione reciproca fra le varie sostanze non seguita da chimici effetti, ed insieme all'attrazione molecolare, è quella dell'ascesa dei liquidi nei tubi di piccolissimo diametro, detti però *capillari*.

332. *Tubi capillari*. Se immergasi un tubo *capillare*, ossia di piccolissimo diametro in un liquido, questo si riduce nell'interno del tubo ad un livello generalmente superiore o inferiore a quello del liquido esterno, secondochè è il tubo suscettivo o no d'esserne bagnato. Prova l'esperienza 1.° che la superficie superiore della colonnetta liquida capillare è concava o convessa, secondochè si verifica alzamento o depressione; 2.° che per lo stesso liquido in tubi della stessa materia ma di diverso diametro cilindrici e circolari, o le cui sezioni sieno figure simili, l'alzamento e la depressione seguono la reciproca dei diametri, o delle linee omologhe; 3.° che sull'uno e l'altro fenomeno non influisce sensibilmente l'atmosfera, poco la temperatura (che tende a scemare la intensità dell'azione capillare), e nulla la spessezza del tubo; 4.° che l'alzamento si osserva *sensibilmente* identico quando il tubo è previamente umettato dal liquido in cui si immerge.

333. Questi fatti dimostrano ad evidenza, che se l'azione fra il tubo ed il liquido influisce sugli effetti capillari, essa non si estende a distanza sensibile dalla interna parete del tubo stesso, e che però devonsi questi effetti attribuire a forze molecolari.

334. Il signor Laplace fondato su tal principio cercò ridurre al dominio dell'analisi matematica le circostanze dei fenomeni capillari, ed il signor Poisson estendendone e rettificandone i risultamenti mostrò doversi tener conto nei calcoli della rapida variazione di densità, che subisce la colonnetta liquida alla sua superficie libera, e presso le pareti del tubo.

335. *Endosmosi.* L'endosmosi scoperta da Dutrochet consiste in ciò, che diversi liquidi suscettivi di mescolarsi, separati da un velo membranoso, o anche da una porosa lamina di certe sostanze inorganiche, in diversa proporzione traversano la parete che li divide, sicchè l'uno mescolandosi all'altro si altera il livello d'entrambi.

Le due correnti vincitrice e vinta dei due liquidi che si rimescolano, costituiscono rispettivamente ciò che Dutrochet chiama *endosmosi* ed *esosmosi*.

336. Può farsene lo sperimento coll'endosmometro, che è una campana sormontata da un tubo graduato, chiusa inferiormente con un pezzo di vescica legata al suo bordo. Riempiendo la campana d'alcool, e tuffandola nell'acqua, semprechè la membrana tocchi il fondo del vaso che la contiene, si vedrà dopo alcun tempo l'alcool, qualunque ne sia il livello nel tubo, sollevarsi e sgorgarne fuori, se il tubo non sia troppo lungo.

337. Questa classe di fenomeni che hanno molta analogia con altri del regno organico, hanno pure una stretta

relazione con quelli di capillarità, e non è dubbio che non dipendano principalmente 1.° dall'azione reciproca dei due liquidi che devono esser suscettivi di mescolanza; 2.° dalla diversità di azione capillare tra questi e il diaframma che traversano entrambi, come lo prova il fatto, che l'endosmosi ha luogo in generale, se non sempre, in favore del liquido per cui l'accennata azione è più debole. Del resto una spiegazione completa di questa classe di effetti è cosa che ancor si desidera.

Costituzione molecolare dei corpi.

338. Le molecole dei corpi sono suscettive di ben altri modi d'equilibrio stabile, oltre quello proprio d'un regolare cristallizzamento; indi la singolare varietà di caratteri, che in essi si osserva, la cui manifestazione non ammette per verità una analisi razionale e compiuta nell'attuale stato della scienza.

339. Può dirsi che siffatti stati d'equilibrio dipendono in generale dalle varie fasi a cui soggiace o si riduce nei corpi l'esercizio dell'attrazione molecolare, dipendentemente dall'influenza degli altri agenti, e del calorico specialmente.

340. Però vediamo il calore distruggere pressochè ogni traccia di coesione nei solidi allorchè passano allo stato liquido, e cangiarla in repulsione nei liquidi allorchè passano allo stato aeriforme.

Ciò spiega la mobilità delle molecole fluide, essenziale carattere dei due stati anzidetti, e le altre proprietà meccaniche che ne conseguono.

Nei solidi invece, in ragione di vicinanza, e di una particolare condizione termometrica, le molecole sollecitandosi mutuamente acquistano, *orientandosi* nei varii gruppi molecolari, quella fissità, e quella *direzione*, che formano il carattere distintivo della solidità.

341. Or ciò suppone evidentemente la esistenza di forze molecolari attrattive insieme e repellenti, e una specie di *polarità* nelle molecole, la cui influenza si manifesterebbe soltanto nell'atto dell'aggregamento solido.

Se quando una tale influenza comincia ad agire, niun'altra cagione estrinseca molecolare o meccanica viene a turbarne gli effetti, l'aggregamento succede, come abbiam veduto, ordinato: in altri casi si compie, ma più o men lontano da quel regolare ordinamento che conviene ai cristalli.

342. Sempre per altro, e qualunque siasi il modo d'aggregamento in cui si compongono le molecole, avviene, che queste possono oscillare, entro limiti più o meno estesi, intorno alla loro posizione e direzione d'equilibrio, e conservare la facoltà di ripigliarla, ove ne vengano per qualsiasi causa stornate; nel che sta appunto quel che fu detto *elaterio*.

In tale concetto può dirsi che propriamente tutti i corpi godono entro certi limiti d'una elasticità perfetta.

343. Si deduce pure, come nei solidi, dove le molecole si compongono in equilibrio stabile senza l'influenza di azioni o pressioni estrinseche, non possa l'elaterio svilupparsi, che per un cangiamento indotto nella omogeneità fisica della lor massa, e nelle trazioni o pressioni interiori, sofferte dalle varie particelle, onde è formata.

344. Nei liquidi invece, come nei gaz, la direzione, ossia l'orientamento delle molecole risulterebbe indifferente per l'equilibrio, e solo influirebbe la distanza maggiore o minore, ma sempre eguale, delle medesime, connessa alle variazioni della pressione estrinseca, trasmissibile per ogni verso, e a tutti i punti della massa fluida.

Quindi non è che per un cangiamento di tal distanza, relativo ad un cangiamento di pressione, che manifestasi l'elaterio in questa classe di corpi.

Più difficile a dichiararsi sono gli altri caratteri alla attrazione molecolare attinenti, e alle varie sue modificazioni nei diversi corpi.

Qualità meccaniche dei corpi.

345. *Frangibili* diconsi i corpi, i quali, avvegnachè duri, non resistono alla percussione.

Duri sono detti quelli, i quali, avvegnachè frangibili, resistono alla scalfittura.

Friabili quelli, che non resistono nè allo scalfimento, nè alla percussione, sicchè facilmente si spolverizzano.

Duttili infine quelli, che si distendono in fili, o si assottigliano in lamine.

346. Ora la frangibilità dipenderebbe meno da una debole polarità o forza d'orientamento nelle molecole, che da una debole coesione, la quale sussister potesse indipendentemente da quella. Ed invero per difetto di tale coesione, avvenir deve che non possano i corpi soffrire sconcerti, per cui le loro molecole si

allontanino gran fatto oltre i limiti di loro elasticità, senza rompersi.

La durezza accenna invece ad una forte polarità: mentre la friabilità suppone una debole energia della forza molecolare in ogni sua maniera di agire.

La duttilità al contrario suppone una debole azione direttrice o polare, e una certa *tenacità* o azione coesiva, indipendente dalla direzione delle molecole, per cui queste possono rigirarsi, e scorrere le une sulle altre, senza cessare d'attrarsi e di aderire l'una all'altra con più o meno d'energia.

Che se all'accennata mobilità o girevolezza delle molecole va congiunta una debole coesione, si avrà la *mollezza*, la *viscosità*, la *fluidezza*.

CAPO II.

CALORICO.

347. Il calorico è quella sostanza sottile ed attivissima, che produce gli effetti e le sensazioni del caldo. Due ipotesi si imaginarono sull'indole di questo agente: una fu di concepirlo come un tenuissimo fluido diffuso nei corpi, che, slanciato dai medesimi ed assorbito a vicenda, tende in tal continuo ricambio, come è sua legge costante, a pareggiare in essi la loro caldezza, o come dicesi la loro *temperatura*.

348. L'altra ipotesi, or molto in favore presso i fisico-matematici, è di considerare il calorico come un etere sottilissimo sparso in tutto lo spazio, e tra gli stessi

minimi pori delle masse corporee, e gli atomi di questi come costituiti in uno stato particolare di moti vibratorii, che propagandosi con rapidità prodigiosa al fluido etereo ambiente, vanno a cagionare tutti i fenomeni del calore. Noi mettendo per ora in disparte la quistione sulla vera natura di questo agente, comincieremo per esporre i fenomeni generali che ne dipendono.

349. *Variazione di volume e di temperie.* Tutti i corpi si dilatano e si contraggono crescendo o scemando la loro temperatura. Tenue e vario il dilatamento nei liquidi, e più ancora nei solidi, sensibilissimo ed uniforme si manifesta nei fluidi aeriformi scevri come sono dalla complicata influenza delle forze molecolari. Risulta effettivamente, che l'*aumento o la diminuzione di volume nei gaz è per tutti la stessa frazione del loro volume primitivo, allorchè da una temperatura passano a un'altra.* Tal frazione (detta *coefficiente di dilatazione*) valutata relativamente alla differenza di temperatura che passa tra il ghiaccio in fusione e l'acqua bollente, erasi trovata di $\frac{3}{8}$, e però di $\frac{1}{267}$ per la centesima parte di tal differenza (che come vedremo forma un grado termometrico centesimale).

Recenti esperienze fan supporre che tal valutazione non sia esattissima, e che la costanza del coefficiente di dilatazione per tutti i gaz non si verifichi che approssimativamente, e nè anco per lo stesso gaz abbiasi, a rigore, una tal legge a riguardar come vera, che a quei limiti di dilatazione, in cui la gazeità può considerarsi perfetta.

350. Nei liquidi invece come nei solidi il dilatamento

succede con legge varia, ma tale che *le stesse temperature le quali cagionano eguali e successivi aumenti di volume nei gaz, ne cagionano degli ineguali e progressivamente crescenti negli altri corpi.*

Effetti esattamente inversi produce il raffreddamento, per modo che il ritorno di un corpo allo stesso volume indica lo stesso grado di caldo.

Una bella ed utile applicazione di questo principio si fu il termometro.

Termometria.

351. *Termometro ordinario.* Consta il termometro ordinario ossia *a mercurio* (*fig.* 51) di un tubetto di vetro terminato in bolla chiuso ermeticamente, e riempiuto fino a certa altezza in un colla bolla di mercurio ripurgatissimo, che or salendo entro al tubo ora discendendo, indica le vicende del calore a cui sta esposto, mercè una scala. A formar questa scala si immerge successivamente il termometro nel ghiaccio scioglientesi e nell'acqua bollente sotto la pressione calcolata di 0^m 76, notando i due *punti fissi* ai quali il mercurio s'arresta per le due immersioni. Tali punti si fanno indi così servire alla costruzione della scala, che il più basso di essi dato dalla fusione del ghiaccio corrisponda allo *zero*, ossia al principio della numerazione, e l'*intervallo fondamentale* frapposto ai medesimi comprenda 100 eguali divisioni. Queste poi si prolungano per tutta la lunghezza del tubo, e si contano come *gradi di caldo* al di sopra dello *zero*, e come *gradi di freddo* al dissotto.

352. Dicesi *centigrado* il termometro come sopra costrutto, e non differisce da quello detto di REAUMUR, che per essersi in questo diviso in 80 parti l'intervallo fondamentale, sicchè un grado *ottuagesimale* di esso equivale a $\frac{10}{8}$ del *centesimale*.

353. È pure in uso, specialmente presso gli Inglesi ed i Tedeschi, il termometro di FAHRENHEIT, in cui il punto della fusione è marcato 32°, e 212° quello dell'acqua bollente, cosicchè lo spazio intermedio comprendendo 180°, equivale un grado di questo termometro a $\frac{4}{9}$ del grado ottuagesimale e $\frac{5}{9}$ del centesimale.

354. L'accennata graduazione fondasi su questo fatto importante, che un *termometro immerso in una sostanza in fusione o in ebollizione si riduce sempre nelle stesse circostanze alli stessi punti dove si fa stazionario per tutto il tempo che dura tale mutazione:* dal che si deduce che *la fusione e la ebollizione di un corpo accadono sempre nelle stesse circostanze alle stesse temperature.*

Fu NEWTON che primo fece una simile rimarca, e che applicandola alla sistemazione del termometro, rese comparabili le indicazioni di questo prezioso strumento, di cui devesi la prima idea a GALILEO, o come altri il vuole all'Olandese DREBBEL.

355. Una osservazione qui si presenta sulla divisione in parti eguali dell'intervallo fondamentale; ed è che avendo i fisici a ragione preferito d'assumere per misura dei varii gradi di caldo la equabile dilatazione dell'aria, col supporre in essa gli aumenti di volume

proporzionali a quelli della temperatura, tale proporzionalità non può per ciò stesso verificarsi per il mercurio nè per l'alkool, che s'usa talvolta nella costruzion dei termometri.

Tal considerazione congiunta all'altra della variata capacità del termometro pel dilatarsi del vetro o il suo ristringersi, dà luogo a delle cautele e correzioni indispensabili nelle osservazioni, in cui si richiegga esattezza.

356. Fra i varii termometri si conoscono quelli *a indice*, o *termo-metrografi*, che notano le *massime* e le *minime* temperature, i termometri *metallici* ai quali si dà anche la forma di oriuoli, i termometri *ad aria*, preziosi per la loro sensibilità, i *pirometri* che danno le altissime temperature, e infine i *termo-moltiplicatori* fondati sui rapporti esistenti tra il calore, la elettricità e il magnetismo.

357. *Termometro differenziale.* Il termometro differenziale di Leslie è formato sostanzialmente da un tubo ricurvo a guisa di U (*fig.* 52), i cui due bracci pieni fino a certa altezza di un liquor colorito, sono sormontati da due bolle ripiene d'aria. Segnato sul braccio di una bolla che si dice focale il punto dove il liquido sta essendo le due bolle a eguale temperie, vi si notano altri due punti dove lo stesso liquido si arresta dopo avere stabilita una differenza di 10 gradi in più e in meno fra le temperature delle due bolle, e dividonsi in 100 parti i due intervalli tra il primo punto e questi due. Però tali divisioni indicano tanti decimi di grado, quanti corrispondono alla differenza tra il calore della bolla *focale* sopra l'altra, ascendendo in meno, discendendo in più, e ciò indipen-

dentemente dalla temperie dell'aria circostante, onde venne appunto il nome di termometro differenziale.

358. *Termoscopio di* RUMFORD. Il termoscopio di RUMFORD affatto analogo all'apparato sopra descritto contiene una piccola dose di liquore colorato nel mezzo, che cambiando la temperatura delle due bolle si porta verso la meno calda.

359. *Pirometri.* I pirometri sono per lo più metallici; ma uno non metallico, che differisce essenzialmente dagli altri, è quello di WEDGWOOD, fondato sulla proprietà che hanno le argille di ristringersi costantemente sotto la crescente azion del calore, entro i limiti fin qui conosciuti di tale azione. Consta di due regoli metallici inclinati e graduati, nel cui intervallo si introducono i *pezzi pirometrici*, che sono cilindretti d'argilla lunghi quanto è lunga l'apertura maggiore dei regoli stessi. Osservando di quanto questi pezzi si avanzano verso l'apertura minore, onde misurare lo scorciamento da essi sofferto, si giudica dell'intensità del calore a cui si fossero esposti. Corrisponde un grado di questo pirometro a 90° cent.

Mutazioni di stato.

360. Non solo il calorico accumulandosi nei corpi li riscalda e dilata, ma a gradi diversi li discioglie in liquidi e li disperde in vapori. Mutazioni opposte produce una progressiva sottrazione di calore, per cui i liquidi si solidificano, e allo stato liquido e solido si riducono i fluidi aeriformi. Così il ferro si fonde a 6350$^{\text{cent.}}$ l'oro a 1380, il rame a 1207, l'argento a 1033, il piombo a 322, la cera a 68,

l'olio di olivo a 10°, il mercurio a - 39°, il platino non si fonde, che esposto a un fuoco dei più violenti.

La fusione è susseguita dall'*evaporazione spontanea*, che solo si cangia in *ebollizione* o vaporizzazione, quando, vinta la pressione dell'aria dalla forza espansiva del vapore, lo sviluppo di questo si fa liberissimo.

Tal forza varia per i diversi liquidi: sicchè havvi un punto *fisso* di ebollizione per ciascuno di essi: così a una pressione di 0^m 76, l'etere solforico bolle a 37°,8, l'alcool a 79°,7, l'acqua a 100°, l'olio di lino a 316, il mercurio a 347.

361. Due condizioni rimarchevolissime accompagnano la ebollizione dei liquidi, e la fusione dei solidi, cioè 1.° *invariabilità di temperie*; 2.° *assorbimento di calorico reso inetto ad agire sui sensi e sul termometro.*

Immerso infatti un termometro in una sostanza che si fonde o si vaporizza, si vede il mercurio a ridursi ad una temperie propria di tali mutazioni, ed ivi rimanere stazionario finchè esse durano: il che se prova ad evidenza che la temperie non cambia, dimostra pure che il calorico somministrato in quel mentre al corpo che muta stato, assume in esso tal novello modo di essere, da rimanerne come ammorzata la facoltà riscaldante. È pertanto osservabile, come questa disparizione di calorico non sia stata avvertita che nel 1763, cioè oltre mezzo secolo dopo che Newton avea di già rimarcata la immobilità del termometro. Black che la scoperse, chiamò quel calorico assorbito nella liquefazione e nella volatilizzazione calorico di *fusione*, e calorico di *elasticità*.

362. *Calorico latente e sensibile.* Dicesi calorico sensibile quello che fa variare la temperatura dei corpi, e che però agisce sui sensi e sul termometro: calorico latente dicesi invece quello che i corpi in varia dose assorbono per liquefarsi, o volatilizzarsi, od espandersi. Come il calorico sensibile si fa latente per liquefazione, volatilizzazione od espansione dei corpi, il calorico latente si fa sensibile o libero nelle mutazioni opposte.

Vero è che il calorico reso latente nei cangiamenti di stato assume nei corpi un modo di essere particolare e diverso da quello che ha, quando si impiega alla dilatazione o espansione dei medesimi: talmente si congiunge allora alle molecole ponderabili, e ai loro atomi, che fu detto *calorico combinato.*

363. Come nei cangiamenti di stato così nelle combinazioni dei corpi può succedere assorbimento o emissione di calorico, e può stabilirsi, che anche quivi il calorico reso latente o libero in siffatti cangiamenti chimici torna libero o latente allorchè le sostanze ripigliano le primiere condizioni.

364. *Calorico di fusione.* A provare come v'abbia assorbimento di calorico nella fusione dei corpi e a misurarlo nello stesso tempo, toglieremo il ghiaccio ad esempio.

Si mescolino pertanto insieme una libbra di ghiaccio a 0° ed una d'acqua a 75°, si otterranno due libbre d'acqua a 0°: il che prova che la quantità di calorico resa latente dal ghiaccio per fondersi eguaglia quella che si richiede per elevare da 0° a 75° un peso d'acqua pari al peso del ghiaccio fuso.

Non s'hanno ancora risultati gran fatto precisi sul

calorico di fusione delle varie sostanze, ma s'intende come potrebbesi determinarlo dal diverso aumento di temperatura che un dato corpo produrrebbe gettandolo nell'acqua all'istante in cui sta per fondersi, e successivamente appena entrato in fusione: ovvero dal ghiaccio che tal corpo fondesse gittandovelo in quei due stati. La differenza delle due temperature nel primo processo, e delle due quantità di ghiaccio fuso nel secondo, sarebbe l'effetto dovuto al calorico di fusione.

365. Non men facile a intendersi è il processo, con cui si determina il calorico di elasticità. A tal fine si volatilizza una cognita dose d'acqua, col riceverne e condensarne il vapore in un vaso contenente altra dose d'acqua fredda, osservando insieme di quanto s'alza la temperatura di questa in simile condensamento, e tenendo conto del tenue effetto dovuto al calore che cede il vapore stesso già condensato. Si trova per tal modo, che il calore latente di un dato peso di vapor acqueo a 100° è capace di elevare da 0° a 100° un peso più che sestuplo d'acqua, o un peso di tal liquido eguale al suo ad oltre 600°, e precisamente a 631°, 26 centesimali. Una sì enorme quantità di calorico che sprigionasi dal vapor condensato, lo fece impiegar con vantaggio ai processi della distillazione, al riscaldamento dei liquidi, delle abitazioni, delle officine.

Calorico specifico.

366. Dicesi calorico specifico quella relativa quantità di calorico, che i corpi considerati ridotti all'unità di

peso assorbono o emettono, perchè la loro temperatura s'alzi o s'abbassi d'un grado. Suolsi per unità di calorico specifico assumere quello dell'acqua alla temperatura di 4°, che è quella del suo massimo condensamento.

Fra i metodi usati di determinarlo havvi 1.° quello delle mescolanze; 2.° quello di Lavoisier e Laplace; 3.° quello del raffreddamento.

367. *Metodo delle mescolanze.* Questo metodo fondasi sul principio, che quando pesi eguali di due sostanze commiste da ineguale temperatura riduconsi ad una temperatura comune, il loro calorico specifico, o come dicesi, la loro *capacità* per il calorico è in ragione inversa della variazione subita. Così mescolando con una libbra d'acqua a 13° un pari peso di mercurio a 100°, si troverà che il miscuglio acquista la temperatura di 10°. Dunque la capacità dell'acqua sta a quella del mercurio : : 90 : 3 , ossia come 30 : 1.

368. *Metodo di* Lavoisier. Consiste questo metodo nel misurare la quantità di ghiaccio a 0° fusa dai diversi corpi nel passare da una temperatura data a quella dello zero, dal che facilmente deducesi il numero di gradi per cui il calore da essi ceduto quando s'abbassa d'un grado la loro temperatura, farebbe alzare la temperatura dell'acqua a parità di peso.

Si sa infatti che a fondere un dato peso di ghiaccio si esige il calorico necessario per elevare da 0 a 75° un pari peso d'acqua: se dunque P sia il peso del ghiaccio fuso, m la massa del corpo che ha prodotta la fusione, e t la temperatura di esso, $75P$ esprimerà evidentemente la temperatura, che in virtù del calore ceduto da tal corpo acquisterebbe l'unità di peso

dell'acqua, e però $\frac{75P}{mt}$ sarebbe quella, che tale unità di peso avrebbe acquistato in virtù del calore, che l'unità di peso della massa m avrebbe ceduto, se la sua temperatura si fosse abbassata di un solo grado. Però tal numero esprime appunto il calorico specifico del corpo esaminato.

369. *Metodo del raffreddamento.* Questo metodo è fondato sul principio, che due corpi possono ridursi mercè di un comune invoglio (come allorchè si chiudono in una stessa cassettina metallica) a tali condizioni, in cui per le note leggi del raffreddamento, i loro efflussi calorifici risultino identici in identiche condizioni termiche, e a tal legge di uniforme variazione ridotti, che nei tempi corrispondenti a un pari abbassamento di temperatura s'abbiano le relative proporzioni di calore emesso: però in tal metodo tutto si riduce alla osservazione dei tempi accennati.

370. Un luminoso risultamento di questo genere di ricerche che interessa grandemente la fisica molecolare, è la legge dei signori Dulong e Petit, per cui si stabilisce, che *gli atomi o equivalenti dei corpi semplici hanno tutti lo stesso calore specifico.*

Invano si cercò finora un'espressione generale della legge relativa al calorico specifico dei corpi composti, solidi, liquidi e gazosi: ma giova sperarla dai valenti fisici che stanno occupandosene.

Ciò solo pare intanto potersi ammettere, che i corpi composti di eguale composizione atomica, e di simile costituzione chimica, abbiano calori specifici inversamente proporzionali ai loro pesi atomici.

Calorico specifico dei gaz.

371. Il calorico specifico dei gaz si riferisce non più all'unità di massa, ma all'unità di volume, e si distingue in calorico specifico a *pressione costante*, e in calorico specifico a *volume costante.*

Il calorico specifico a pressione costante è la quantità di calorico, che innalza d'un grado la temperatura dell'unità di volume del dato gaz, supponendo che il medesimo si dilati nel riscaldarsi, col soggiacere ad una pressione costante.

Il calorico specifico a volume costante è la quantità di calorico, che innalza pure di un grado la temperatura del gaz, ma supponendolo ristretto in un recipiente inestensibile.

372. Il calorico specifico a pressione costante è evidentemente maggiore di quello a costante volume di tutta la porzione di calorico che il gaz svilupperebbe, se dopo essersi dilatato di $\frac{1}{267}$ per un grado di temperatura accresciuta, si riducesse, mercè una subita compressione, al primitivo volume.

Mostra infatti la esperienza, che se un gaz qualunque è subitamente compresso, la di lui temperatura s'innalza; perchè appunto torna a farsi libera o sensibile la porzione di calorico che era impiegata a produrre quell'aumento di volume disparso nella compressione.

373. Or ciò somministra un mezzo di conoscerne le capacità a volume costante, conoscendo l'altra a costante pressione. Basta per ciò infatti osservare lo

aumento di temperatura che il gaz riceve per compressione, quando riscaldato di dato numero di gradi, e dilatato proporzionatamente sotto una costante pressione, vien poi ridotto al primitivo volume. Nel rapporto in cui sta tal numero al numero stesso accresciuto di quell'aumento, si avrà il rapporto che hanno fra loro le *due capacità*, ossia i due calori specifici a volume costante, e a pressione costante. Si trova che tal rapporto è di 1 : 1,421 pei varii gaz. Come dunque si scorge, basta conoscere uno dei due calori per dedurne l'altro.

374. *Calorico specifico a pressione costante.* Dobbiamo a Rumford l'idea del procedimento seguito nella ricerca del calorico specifico dei gaz. Fu poi il suo metodo modificato da varii sperimentatori, e riducesi in sostanza ad osservare gli effetti e le variazioni termometriche che produce e che subisce una corrente di gaz spinta a scorrere in un serpentino o tubo spirale, che si rigira in una cassettina metallica piena d'acqua.

Ecco come usavano tale apparecchio (detto il calorimetro di Rumford) i signori Laroche e Bérard.

Spingevano essi una corrente uniforme di gaz riscaldato nel serpentino, fino a che la temperatura del calorimetro divenisse stazionaria, ed osservavano allora di quanto questa eccedeva la temperatura dell'ambiente. Ciò avvenir doveva evidentemente, quando il calore ceduto ad ogni istante dalla corrente gazosa al calorimetro, eguagliava quello che il calorimetro perdeva per irradiazione.

Ora si sa, che tal calore perduto, in virtù della legge di raffreddamento stabilita da Newton, risulta

proporzionale all'eccesso della temperatura dell'apparecchio sopra quella dell'ambiente, se tale eccesso non sia molto grande. Ammettendo dunque, che la porzione di calore perduto con flusso uniforme nell'unità di tempo e ceduto dal gaz, sia proporzionale alla sua capacità pel calorico, ne seguirebbe che questa capacità sarebbe proporzionale all'eccesso di temperatura anzidetto: cosicchè operando similmente per gaz diversi, ed osservando gli eccessi delle relative temperature stazionarie dell'apparecchio, si avrebbero in questi eccessi i loro relativi calori specifici.

375. I signori De-la-Rive e Marcet modificarono ancora recentemente il procedimento, e lo ridussero all'osservazione dei tempi relativi a un medesimo abbassamento di temperatura seguito nel calorimetro: 1.° per semplice irradiazione: 2.° per irradiazione e pel passaggio di una corrente d'aria nel serpentino: 3.° per irradiazione e pel passaggio di un altro gaz. Rappresentando $\theta\ \theta'\ \theta''$ questi tempi, v il volume dell'aria che ha traversato il serpentino, w quello del gaz, infine c e C essendo le due capacità dell'aria e del gaz, risulta che

$$\frac{C}{c} = \left(\frac{\theta - \theta''}{\theta - \theta'}\right)\frac{v}{w}.$$

Il che significa, essere le capacità del gaz e dell'aria nella ragion diretta dei tempi, per cui fu da essi affrettato o anticipato il raffreddamento del calorimetro, e in ragione inversa dei volumi di gaz in tale effetto impiegati.

Ora i risultati finquì ottenuti concorrono a provare,

che i gaz semplici hanno tutti lo stesso calore specifico, il che è conforme alla legge stabilita da Dulong, nel supposto, che ad egual pressione, volumi eguali di gaz semplici contengano lo stesso numero di chimici equivalenti.

Calorico raggiante.

376. Il calorico non solo stanzia nei corpi allo stato latente e termometrico, ma ne è di continuo emesso e slanciato a propagarsi nei mezzi capaci di trasmetterlo, come la luce nei corpi diafani.

Il calorico che così si propaga dicesi *raggiante*, e proviene dal calore termometrico dei corpi onde emana: nè vi ha corpo, che non ne emetta con più o meno d'energia.

377. *Intensità del calorico raggiante.* L'intensità del calorico emesso da un centro calorifico misurasi dai suoi effetti termometrici, e l'esperienza come il ragionamento provano, che tale intensità segue la ragione inversa del quadrato della distanza.

378. Or mentre tutti i corpi emettono calorico, ne ricevono eziandio dal ricinto ossia dai corpi circostanti, e il calorico che ciascun corpo riceve, o che s'imbatte sulla sua superficie, ne è generalmente in parte *riflesso* o *diffuso*, e in parte *assorbito*, o eziandio *trasmesso*, se il corpo è ridotto a conveniente sottigliezza.

In simili effetti di riflessione, di diffusione, d'assorbimento e di trasmissione, il calorico patisce modificazioni, che particolarmente considerate, annunziano

nelle emanazioni calorifiche una costituzione affatto analoga a quella delle irradiazioni luminose; sicchè nè d'identica indole risultano le emanazioni delle diverse sorgenti, nè della stessa natura sono i raggi coesistenti in una emanazione medesima: appunto come succede per la luce, la quale mentre è diversa giusta l'indole dei corpi lucidi o illuminati onde procede, si compone di raggi eterogenei, e di diverso colore, qualunque ne sia l'origine.

Prova l'esperienza, che le soprariferite modificazioni del calorico dipendono dalle condizioni termiche e molecolari dell'ultimo strato, che forma l'esterno invoglio dei corpi che lo emettono o lo ricevono, ridotto a sufficiente spessezza, comecchè sottilissima.

379. *Riflessione del calorico*. Il calorico raggiante allorchè si riflette, forma un angolo di riflessione eguale all'angolo di incidenza.

Però uno specchio sferico rivolto al sole ne concentra siffattamente i raggi calorifici insieme e luminosi nel *foco principale*, da produr quivi una urente immagine di quell'astro. Indi venne il nome di *specchio ustorio*.

Che se come fecero Pictet e Saussure, si pongono a rincontro l'un dell'altro e alla distanza di 10 a 12 piedi due specchi ustorii (*fig.* 55), e nel foco di un d'essi si collochi un corpo caldo, si vedrà che un termometro salirà assai più rapidamente nel foco dell'altro specchio, che fuori di esso in luogo anche più prossimo al corpo caldo.

Questi fatti sono una conseguenza e una prova insieme della sopra espressa legge di riflessione. Infatti

un raggio qualunque parallelo all'asse M C (*fig.* 73), e cadente sopra lo specchio, dopo la riflessione interseca quest'asse in un punto F tale, che M F sarà tanto più prossimamente eguale a C F, quanto K M sarà più piccolo. Dunque per raggi assai prossimi all'asse il loro concentramento si farà verso il mezzo del raggio, dov'è appunto il foco principale.

Ne' specchi *parabolici* avviene per una proprietà della parabola che tale concentramento si fa esattissimo.

Or s'intende, come il signor Buffon abbia potuto con un gran numero di specchi piani regolarmente inclinati in modo da ripercuotere in un sol punto i raggi del sole, abbruciare una catasta di legna alla distanza di 200 piedi, e così imitare ciò che narrasi fatto da Archimede nell'assedio di Siracusa.

Come i raggi paralleli convengono per riflessione nel foco, così per riflessione i raggi divergenti dal foco si fanno per riflessione paralleli. Ciò spiega nel sopra citato sperimento dei due specchii (§ 379) l'ufficio del primo specchio.

380. *Facoltà riflettente.* Il potere di riflettere il calorico varia colla natura della superficie riflettente, e non par dipendere da quello della sorgente calorifica.

Il negrofumo se ne mostra affatto privo, i metalli la posseggono più o meno, e in sommo grado l'ottone e l'argento: si trova che se si rappresenti il poter riflessivo dell' ottone per 100, quello dell'argento è 90, dello stagno 80, del piombo 100, del vetro 10.

381. In generale il pulimento e la lucentezza accrescono il poter riflettente, le screziature e le asprezze lo di-

minuiscono. Una sottile vernice o intonacatura basta ad alterarlo o distruggerlo.

Così collocato il bulbo annerito di un termometro differenziale, o anche d'un termometro ordinario nel foco d'uno specchio di ottone posto in faccia a un corpo caldo, il termometro sale, ma rimane stazionario se lo specchio venga annerito con negrofumo.

382. *Diffusione del calorico.* Una parte del calorico raggiante che venga a percuotere un corpo n'è immediatamente dispersa in tutte le direzioni possibili. MELLONI studiò primo questo fenomeno, che forma una nuova analogia tra il calore e la luce, e lo chiamò calorico *diffuso.*

383. Però un tal modo di riverberazione va affatto distinto dalla riflession regolare o *specolare* di cui abbiamo già favellato, nè può derivarsi da una riflessione irregolare.

Infatti l'esperienza dimostra, che il potere diffusivo dipende non solo dalla natura della superficie dei corpi, ma eziandio da quella della sorgente calorifica.

Così in generale i corpi bianchi, la neve, la carta, il carbonato di piombo diffondono abbondantemente i raggi emanati dal platino incandescente e dal sole, e debolmente quelli che procedono dall'acqua.

Invece i metalli riverberano equabilmente ogni sorta di irradiazioni calorifiche.

Il solo negrofumo ha un poter diffusivo piccolissimo qualunque sia la sorgente onde il calore emana.

384. *Potere emissivo ed assorbente.* I corpi emettono di continuo calorico e di continuo ne assorbono dai corpi circostanti.

Se tutto il sistema è ridotto a quello stato detto di

equilibrio mobile, in cui le temperature si pareggiano, l'emissione eguaglia l'assorbimento, e l'intensità dei due fenomeni, cioè il più o men di calore emesso od assorbito, si connette alla più o meno alta temperatura.

385. Ma non più equilibrandosi le temperature, l'assorbimento supera l'emissione o viceversa, secondo che la temperie del ricinto è più o meno elevata di quella del corpo; sicchè a eguali differenze di temperatura corrispondono eguali differenze tra i due efflussi di calore emesso ed assorbito. Però si dice, che il *potere emissivo è eguale* al *potere assorbente*, e *viceversa* per qualunque corpo.

A provarlo s'imagini un termoscopio ai bulbi del quale siansi distribuiti due globi cubi metallici, le cui faccie opposte e riguardantisi sieno rese diversamente raggianti, cioè lucente l'una, e annerita l'altra: se in mezzo ad essi si colloca un cubo consimile pieno d'acqua calda, che abbia una delle sue faccie annerita e rivolta alla faccia lucente del termoscopio, e l'altra lucente volta alla faccia annerita di quello, si vedrà l'indice termoscopico rimanere stazionario.

386. Ma se il potere emissivo d'una superficie raggiante è sempre eguale all'assorbente, l'uno e l'altro varia variando la natura della sorgente: sebbene a questa conclusione generale non si giunga che per induzione.

387. S'era ammesso, che i poteri assorbente ed emissivo dipendono dalle screziature o scabrosità; ma Melloni provò, che le scabrosità non influivano altrimenti sugli effetti d'assorbimento e di emissione, se non perchè l'operazion meccanica che la produce altera la densità e le altre condizioni meccaniche del molecolare

aggregamento nei gruppi superficiali, adducendo 1.° che le screziature come il pulimento sono indifferenti o di niuna azione per ciò che riguarda i due poteri accennati nei corpi non metallici, come il legno, l'avorio; 2.° che a parità di pulimento questi poteri cangiano colle densità in una lamina metallica per modo, che uno specchio ustorio tirato a martello riflette regolarmente più ed assorbe di meno, che quando è gettato: 3.° che infine (e quest'ultima prova è perentoria), nei metalli inalterabili all'aria, come l'oro e l'argento, allorchè son fusi, rigando col diamante la lor superficie, anzicchè accrescersi, il potere assorbente ed emissivo si diminuiscono in un colla riflessione speculare, mentre si accresce la diffusione calorifica.

Calorico trasmesso.

388. Oltre i fenomeni di diffusione e di assorbimento, servono a stabilire una perfetta analogia tra la luce e il calorico quelli di transmissibilità, e dai secondi come dai primi si arguisce la non omogeneità delle radiazioni calorifiche che emanano dalle diverse sorgenti, e la coesistenza dei raggi eterogenei in una radiazione medesima.

Così il quarzo e lo spato islandico trasmettono più della metà del calore inviato da una lucerna, meno del terzo se il calore proceda dal platino incandescente, e nulla affatto di quello che emana dall'acqua o dal mercurio bollente.

Il solo salgemma offre questa singolarità rimarchevole, che come il vetro bianco alla luce, così questa

sostanza dà passaggio al calore, qualunque ne sia la natura e l'origine.

389. Da ciò si intende come il calore che ha già traversata una lamina di una data sostanza, possa transitare più facilmente e in maggior copia a traverso di un'altra lamina simile, perchè questa lo riceve già spoglio dei raggi non transmissibili. Così veggiamo la luce che ha traversato il vetro rosso, esser trasmessa in abbondanza da un vetro di quel colore, e pochissimo da un vetro verde o cilestro, perchè i raggi transmissibili per questi vetri furono intercettati in grandissima parte dal vetro rosso.

390. Sperimentando il Melloni sul calorico già trasmesso da lamine di diverse sostanze, e assoggettato poscia a una seconda trasmissione, trovò, che su cento raggi emanati da una lampa di Locatelli non munita di tubo o cammino di vetro, e già passati per una lastra di allume di circa due millimetri di spessezza, una simile lastra di salgemma ne lasciava passare 92, una di spato islandico o di cristallo di rocca ne trasmetteva 91, il vetro e l'allume 90, la tormalina 18, il vetro nero $\frac{1}{2}$.

Se i cento raggi avean già traversata una lastra di vetro nero opaco, il salgemma ne trasmetteva sempre 92, lo spato islandico 55, il cristallo di rocca 54, il vetro non opaco 52, la tormalina 50, l'allume $\frac{1}{3}$.

Che se invece il calore incidente procedeva immediatamente dalla fiamma senza diaframma, su cento raggi di tal calore, il salgemma ne trasmetteva ancora 92, lo spato islandico 39, il cristallo di rocca

38, la tormalina 18, il vetro nero opaco 16, l'allume 9.

391. Questi risultamenti sarebbero veramente inesplicabili, se non si ammettesse che il calorico nel traversare i corpi per trasmissione immediata si comporta come la luce, per essere come questa composto di irradiazioni di varia indole.

Ammessa invece una tale dottrina, la spiegazione dei fenomeni soprariferiti, e di quegli altri che presenta il calorico raggiante allorchè s'imbatte nei corpi ora traversandoli, ora rimanendone assorbito o diffuso, diventa naturalissima.

392. Così si comprende come le varie specie di raggi debbano indebolirsi con diversa legge traversando i varii mezzi, tuttochè nello stesso mezzo seguano le loro intensità una legge di decrescimento analoga, relativamente alla spessezza degli strati che traversano.

393. Il fatto poi, per cui in generale uno stesso mezzo sembra tanto più permeabile al calore, quanto più è alta la temperatura della sorgente da cui il calore emana, si spiegherebbe col riguardare la temperatura come una delle cagioni (e forse la principale), da cui dipende la diversa natura delle calorifiche irradiazioni, sicchè la intensità della temperatura crescendo, vada diminuendo il numero dei raggi men transmissibili.

Vedrem più tardi come per altre modificazioni che quelle finquì considerate, si stringano viemeglio le analogie tra le emanazioni calorifiche e le luminose.

394. Ciò solo rimarcheremo ancora, che niuna delle radiazioni calorifiche di qualunque origine, compreso

il calore solare, contiene, come può dirsi della luce bianca a riguardo dei raggi luminosi, tutte quante le specie di raggi calorifici che si conoscono. Ond'è che ogni efflusso calorifico è essenzialmente incompleto, e corrisponde però a un raggio di luce colorata, tal colorazione derivando appunto dal difetto di alcuna delle molte radiazioni che formano la luce bianca.

395. Però assumendo il Melloni un siffatto generale risultamento qual distintivo carattere del calorico raggiante, propone di chiamarlo *termocrosi*, quasi assomigliandolo ad una colorazione invisibile, e *termocrologia* la intiera dottrina del calore raggiante.

Ed invero attribuendo all'etere calorifico, e ai corpi su cui si modifica qualità analoghe a quelle che si ammettono nella spiegazione dei colori, facilmente s'intendono tutti i cangiamenti che un efflusso di raggi calorifici patisce tanto per trasmissione, quanto per assorbimento e diffusione, cangiamenti, che si dedurrebbero naturalmente dalla diversa natura dei raggi stessi, e dall' azione diversa che sullo stesso raggio esercitano le diverse sostanze.

Quinci a completar giusta un tal concetto la nuova nomenclatura scientifica, chiamerebbe il citato Fisico *diatermici* o *adiatermici* i corpi, secondochè trasmettono il calorico o lo intercettano, e coi vocaboli di *datermasia* o *adiatermasia* distinguerebbe i due accennati poteri.

Mezzi termocroici sarebbero nel suo linguaggio i corpi che, come l' acqna, l'alcool, il vetro, non lasciano passare che certe specie di raggi, e *mezzi atermocroici* quelli che come il salgemma e l'aria atmosferica dan passaggio a tutti, e tutti gli tras-

mettono in egual proporzione indistintamente, assorbendoli leggermente.

Riguardo poi al potere che hanno i corpi di riverberare o diffondere inegualmente i raggi incidenti, chiama semplicemente *termocroici* i corpi che non riverberano con egual forza ed assorbono parzialmente i raggi calorifici, e *leucotermici* quelli che li riverberano fortemente ed equabilmente come i metalli.

Infine *melanotermici* sarebbero i corpi che gli assorbono pressochè intieramente come il negrofumo.

396. I soprariferiti caratteri dei corpi relativi al calorico hanno, come già fu osservato, i loro analoghi relativamente alla luce; ma gli uni sono indipendenti dagli altri. Così la mica nera, l'ossidiana, ed il vetro nero ridotti in lamine sottili e tuttavia non trasparenti, lascian passare una notevole porzione del calorico incidente: son dunque opachi, ma diatermici.

Ed invece certi vetri di color verde accoppiati con uno strato d' acqua o con una piastra limpidissima d'allume di roccia, sono diafani, ma non diatermici, intercettando affatto il calore raggiante.

397. Similmente per ciò che riguarda il calorico diffuso, si hanno la carta, la neve, il carbonato di piombo che sono bianchissimi, epperò diffondono egualmente ogni irradiazione luminosa, ma assorbono parzialmente le irradiazioni calorifiche, e alcune di queste totalmente.

I metalli invece sono colorati, e per altro leucotermici, riverberando equabilmente e in abbondanza ogni specie di raggi calorifici.

Il negrofumo al contrario come estingue la luce, così assorbe tutto il calore incidente.

398. Questa proprietà singolare del negrofumo (e termineremo con questa osservazione) fu della somma importanza nelle ricerche istituite intorno al calorico.

Si sa, che ad apprezzare le colorazioni visibili o luminose, giova anzi tutto una superficie bianca ed opaca, che tutti equabilmente ed energicamente li rinvii, dopo essersene colorata.

Ma s'intende pure come pel confronto delle emanazioni invisibili o calorifiche si richiedesse una sostanza termoscopica, che tutte abbondantemente e proporzionalmente le assorbisse, onde ottenere effetti e indicazioni comparabili, ossia che si trattasse di dilatazioni di un fluido, come nel termoscopio di Leslie, o di deviazioni o vibrazioni di un ago calamitato prodotto da correnti elettriche eccitate dal calore assorbito, come nell'apparecchio usato dal Melloni: è questo il termo-moltiplicatore di cui già abbiam fatto un cenno, e di cui parleremo ancora in occasione più propizia.

Intanto si può vedere fin d'ora il perchè il citato Fisico coprisse nelle sue sperienze di negrofumo la parte del suo apparecchio che riceveva il calore incidente (le faccie della pila termo-elettrica), ed il Leslie rivestisse di tal sostanza il bulbo del suo termoscopio.

Calorico condotto.

399. La propagazione nella massa dei corpi del calorico da essi assorbito e in essi repente, è in senso assoluto lentissima: ma in senso relativo vi son dei corpi che diconsi buoni conduttori del calorico, ed altri

detti coibenti o imperfetti conduttori, per essere in questi tal propagazione comparativamente assai più lenta che in quelli. Così immersi per una estremità nell'acqua bollente cilindretti uguali di rame, di vetro, di carbone ecc. (*fig.* 54) previamente coperti di cera, si vedrà la cera a struggersi assai più presto sul cilindretto metallico che su quello di vetro, e su questo più che su quel di carbone.

400. Buoni conduttori sono in generale i metalli; conduttori imperfetti le pietre, i mattoni, il vetro, il legno, il carbone, le resine, la seta, il cotone, la lana.

I liquidi poi, e più ancora i gaz, sono coibenti ossia imperfettissimi conduttori, benchè d'altronde la distribuzione del calore possa in essa operarsi facilmente, per le correnti che vi stabilisce la diversa rarefazione delle loro parti. Infatti in un liquido esposto al foco, gli strati più bassi appena sentono il caldo, fatti più leggeri devono salire cedendo il posto ad altri più freddi e più pesanti, il qual moto di ascesa e di discesa favorisce manifestamente una equabile ripartizione di calorico nella massa liquida. Non così se questa riscaldisi superiormente; poichè allora l'uniformità di temperatura si ristabilisce lentissimamente.

Il fenomeno della propagazione del calore è anche più complicato nei gaz per la mobilità somma delle loro molecole. Tutti conoscono il moto ascendente dell'aria nei tubi delle stufe riscaldate. Che se questa così si imprigioni da intercettare i suoi moti, diventa essa allora un perfetto coibente. A tal principio si riferisce l'uso dei guanciali di piuma, delle coltrici e delle doppie invetriate.

401. A dare una più giusta idea di ciò che intender si deve per facoltà conduttrice, s'imagini uno strato di una data spessezza e sostanza, frapposto a due altri mantenuti a temperatura costante, ma l'una superiore all'altra d'un grado. Vuolsi la facoltà conduttrice di tal sostanza misurata dalla quantità di calorico, che nell'unità di tempo e per l'unità di superficie traversa lo strato anzidetto, presa per unità lineare la sua spessezza.

Or tal quantità dipendendo dalla natura delle varie sostanze, presentasi sotto simbolo indeterminato nei calcoli attinenti alla generale Teoria della propagazione del calore fondata dai signori Fourier e Poisson, e il signor Despretz seguendo le indicazioni di siffatta Teoria, dopo averne verificati collo sperimento i più generali risultamenti, fece servire le formole a cui essa conduce per la determinazione della quantità accennata, detta *coefficiente di conduttricità.*

A tal uopo gli bastava osservare con qual legge di decremento (che giusta la Teoria dovea essere, ed era infatti quella di una progressione geometrica), diminuivano le temperature di una sbarra esposta per un capo all'azione costante di una sorgente calorifica, allorchè tali temperature eransi rese stazionarie; dalla quale osservazione, permettevano le formole adoperate di dedurre appunto il valore numerico e relativo della conduttricità propria di quella sbarra, e di quella sostanza ond'era formata.

402. Or ecco i numeri a cui quel Fisico pervenne coll'accennato metodo, significando col numero 1000 la conduttricità dell' oro, che gode della conduttricità massima.

Oro 1000, platino 981, argento 973, rame 898, ferro 374, zinco 363, stagno 304, piombo 180, marmo 24, porcellana 12.

Questi numeri per altro non coincidono perfettamente con quelli di altri sperimentatori. Il signor Forbes pone a cagion d'esempio il platino fra i metalli poco conduttori, e vuole che la conduttricità per il calorico segua in generale nei metalli l'ordine stesso della conduttricità per l'elettrico.

403. La poca conduttricità dei tessuti organici, delle lane, delle piume, del cotone, del legno, dei mattoni ecc., rende ragione dell'uso e della scelta che ne fa l'uomo or nel vestirsi, or nel fabbricarne le sue abitazioni secondo i climi e le stagioni, e dell'impiego che di molti de' suoi prodotti fa la stessa natura nella mirabile sua economia.

Bella poi quanto utile è l'applicazione che fece Davy della qualità opposta dei metalli, e dei loro poteri relativi al calorico, allorchè son ridotti in fili e in tessuti o reti metalliche, nella *lanterna di sicurezza*. È questo una lanterna circondata appunto da un inviluppo di rete metallica a piccole maglie. Si può vedere come una rete siffatta troncar possa una fiamma, senza esserne trapassata: or avviene appunto che se il gaz carbonato delle miniere di carbon fossile venga ad accendersi dentro all'inviluppo metallico, nè l'accensione nè il calor necessario a tale accensione si propaga al di fuori, e i minatori rimangono salvi da una esplosione.

CAPO III.

VAPORI E GAZ.

404. Non solo i liquidi si volatilizzano nell'ebollizione; ma qualsivoglia di essi a qualsiasi temperatura in uno spazio non circoscritto più o meno lentamente si evapora e si dissipa. Appartiene la teoria di questo fenomeno a quella del calorico, poichè è il calorico che lo produce. Lo prova ad evidenza un fatto rimarchevolissimo che costantemente accompagna l'evaporazione ed è, che *la quantità e densità del vapore sviluppantesi in un dato spazio e da un dato liquido cresce o scema colla temperatura, ma è sempre a pari temperatura la stessa ossia che tale spazio sia vuoto, o pieno d'aria o altro gaz incapace di agire chimicamente sul vapore medesimo.* Indi si deduce, che *se uno spazio già saturo di vapore venga gradatamente ristretto, una parte di tal vapore dovrà liquefarsi in pari proporzione.* Tal proprietà costituisce il principale carattere che distingue i gaz dai vapori. I primi possono sopportare un grandissimo raffreddamento od una grandissima pressione senza cambiar di stato, e seguendo allorchè son compresi entro certi limiti assai estesi, la *legge di* MARIOTTE. I secondi raffreddati o ristretti abbandonano lo stato aeriforme proporzionalmente al diminuito volume, e giusta il sofferto raffreddamento: il che dà luogo alla denominaziane di fluidi elastici *permanenti* e *non permanenti*. Sebbene non sia propriamente che relativa una tale distinzione, poichè, se preso un vapore al suo *maximum* di den-

sità relativa (ossia uno spazio saturo di esso), si riduca questo ad una più alta temperie o ad un volume più esteso, potrà allora il medesimo vapore raffreddarsi o comprimersi fino al punto di saturazione relativa al nuovo volume, o alla nuova temperie, senza liquefarsi. Come per altra parte aumentando convenevolmente il raffreddamento e la pressione di un gaz si perviene a volgerlo in liquido, pronto a ridursi nuovamente in vapore, e a ripigliare la forma aerea cessate le cause della sua liquefazione.

405. *Elasticità dei vapori.* I vapori a saturazione manifestano elasticità varie e crescenti col crescere della temperatura. A provare un tal fatto basterà, preso un tubo barometrico quasi pieno di mercurio finir di riempierlo d'un liquido, per esempio, di alkool, e poi chiudendolo col pollice, capovolgerlo in un bacino pieno pur di mercurio, tenendo accanto un barometro. Rimosso allora il dito si vedrà il mercurio a discendere sensibilmente sotto al punto segnato dalla colonna barometrica, compresso dal vapore che formasi sopra di esso. Avviluppando il tubo con altro più grande pieno d'acqua che si riscaldi gradatamente (*fig.* 55), la colonna di mercurio si deprimerà pure progressivamente e con legge particolare per ogni liquido, dalla qual depressione si potrà arguire della elasticità del vapore corrispondente alle varie temperature indicate da un termometro immerso nell'acqua del tubo maggiore.

406. *Mescolanza dei vapori e dei gaz. Un vapore mescolandosi con un gaz conserva la elasticità che gli è propria per modo, che la totale forza elastica del miscuglio eguaglia la somma delle elasticità particolari*

dei fluidi commisti. Che se il gaz entro cui si forma il vapore fosse rinchiuso in un estensibile recipiente, allora questo si dilaterebbe finchè la sua elasticità diminuita, e quella del vapore sviluppantesi, eguagliassero insieme ed equilibrassero la estrinseca pressione.

Così se la elasticità del vapore fosse i $\frac{9}{10}$ di quella del gaz, questo non dovendo più sopportare che $\frac{1}{10}$ della pressione estrinseca, acquisterebbe un volume decuplo.

407. Se invece di vapore si mescolasse un gaz con un altro in un estensibile recipiente, l'aumento di volume avrebbe pur luogo, ma, giusta la legge di MARIOTTE, quivi la quantità di gaz commisto si suppone fissa, al contrario di quello che succede per il vapore, poichè il liquido che lo somministra ne va successivamente sprigionando una nuova quantità proporzionata all'aumento dello spazio in cui formasi.

408. Se poi il recipiente fosse inestensibile, ecco il principio che si stabilisce e che si deduce dalla legge stessa di MARIOTTE: *Quando varii gaz incapaci di agire chimicamente fra loro sono commisti in uno spazio circoscritto e costante, la elasticità del loro miscuglio pareggia la somma delle elasticità a cui si ridurrebbero espandendosi separatamente nello spazio assegnato.*

409. *Densità.* Or confrontando la varia elasticità dei vapori per ciascun liquido, si può stabilire con DALTON, che essa cresce in assai più rapida proporzione della temperatura, serbandosi *prossimamente* e dentro certi limiti eguale pei varii liquidi, a temperature equidistanti da quella della loro ebollizione. Ed in quanto alla den-

sità si ammette senza errore sensibile, che questa riportata col calcolo ad una stessa temperatura, risulta proporzionale alla forza elastica, e conserva un rapporto costante con quella dell'aria o di altro gaz soggetto a una medesima pressione e a una temperatura medesima. Tal rapporto pel vapor acqueo e per l'aria atmosferica è di $\frac{5}{8}$.

410. Una tal supposizione non è esattissima, ma permette di applicare alle ricerche relative ai vapori di saturazione, come ai vapori lontani dal loro massimo di densità la legge di MARIOTTE.

Cerchisi a cagion d'esempio il peso d'un volume V d'aria satura di vapore acqueo, a una temperatura t, e a una pressione che chiameremo h: si sa che un litro d'aria secca pesa $1^g,3$ alla temperatura di 0° e alla pressione normale di $0^m,76$, e che ad ogni grado di temperie un volume di gaz si dilata di $\frac{1}{267}$, ritenendo il coefficiente di GAY-LUSSAC.

Se pertanto f rappresenti la elasticità del vapore a t°, ossia la sua tensione, $h-f$ sarà la pressione o elasticità dell' aria contenuta nel miscuglio saturo di questo gaz e del vapore accennato: però quest' aria peserebbe

$$1^g,3 \,.\, V . \frac{h-f}{0,76} . \frac{267}{267+t}$$

mentre $1^g,3 \,.\, V$ sarebbe il peso che avrebbe un volume V d'aria secca a 0°, e alla pressione di $0,76$. Infatti a pari volume, i pesi delle due arie stanno come

le densità, e le densità nella ragion diretta delle pressioni, e inversa dei volumi relativi alla temperatura.

Similmente il peso del vapore acqueo si avrebbe, prendendo i $\frac{5}{8}$ di quello di un pari volume d'aria ridotta alla medesima pressione e temperatura; quinci f essendo tal pressione e t la temperatura

$$\frac{5}{8} \cdot 1^g,3 \cdot V \cdot \frac{f}{0,76} \cdot \frac{267}{267+t}$$

sarebbe il peso del vapore acqueo da aggiungersi al precedente, con che si avrebbe pel peso del miscuglio

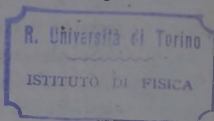
$$1^g,3 \cdot V \cdot \frac{h-\frac{3}{8}f}{0,76} \cdot \frac{267}{267+t}.$$

Si vede che facendo $V=1, f=h=0,76$, e $t=100^\circ$, si avrebbe il peso d'un litro di vapore alla pressione di 0,76, e alla temperatura di 100°, che è quella dell'acqua bollente, il qual peso sarebbe

$$1^g,13 \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{267}{367}.$$

Dal che si deduce, che se tal peso corrisponde a un volume di un litro ossia a mille centimetri cubici di vapore, un grammo nella stessa circostanza corrisponderebbe invece a

$$\frac{8}{5} \cdot \frac{1000}{1,3} \cdot \frac{367}{267},$$

ossia 1700 centimetri cubici, vale a dire ad un volume 1700 volte maggiore di quello che occupa un

grammo d'acqua alla temperatura del suo massimo condensamento, che è di un centimetro cubico.

411. *Influenza della pressione sull'evaporazione.* Sebbene la quantità di vapore che può svolgere in definitivo un liquido sia indipendente dal mezzo circostante, tuttavia la densità e pressione di questo mezzo influisce grandemente a rallentare un tale svolgimento, che nel vacuo si fa rapidissimo.

Infatti le molecole vaporose tanto più difficilmente possono inserirsi tra quelle del gaz, quanto questo è più denso e già carico di vapori. Ciò spiega perchè l'agitazione dell'aria, e la sua rarefazione nelle regioni elevate, facilitino cotanto il disseccamento delle sostanze umide.

412. *Ebollizione.* Sotto una data pressione la evaporazione si accelera crescendo la temperie del liquido evaporante, e la elasticità del suo vapore, finchè vinta da questa tal pressione, succede il fenomeno della ebollizione. Quel moto intestino della massa liquida per cui manifestasi, nasce dalle bollole vaporose, che superata la pressione delle due colonne soprastanti liquida ed atmosferica, si sollevano alla superficie. A tal punto pertanto lo svolgimento dei vapori non più contrariato, si effettua in copia proporzionale a tutto il calorico che successivamente sopraggiunge ad investire il liquido, sicchè questo conserva una temperatura invariabile. Non così se la pressione diminuisca od aumenti, poichè allora si anticipa o si ritarda la ebollizione di tanti gradi, quanti sono necessarii, perchè la elasticità del vapore equilibri o vinca la pressione variata. Così Saussure riferisce che sul monte bianco l'acqua bol-

liva a 85° centigradi. Può elegantemente riprodursi un tal fenomeno col chiudere entro un matraccio dell'acqua calda che lo riempia in parte: se si versa allora su di esso dell' acqua fresca, gli interni vapori condensandosi di mano in mano, e depositandosi sulla parete raffreddata, daranno luogo ad un vigoroso sprigionamento di altri vapori, che si annunzierà col fenomeno della ebollizione. Senza un tale artifizio il liquido rinchiuso per quantunque riscaldato mai bollirebbe, poichè lo spazio interno non occupato dal liquido, mantenendosi assiduamente ripieno di vapore dotato di elasticità corrispondente alla ognor crescente temperatura, non darebbe luogo ad ulteriore svaporamento, oltre il necessario per saturarsene. Se non che l'aumento di tale temperatura e di tale elasticità non avendo quivi altri limiti, che quelli assegnati dalla tenacità delle pareti del vaso, potrebbero queste infine rimanerne spezzate con forte esplosione e pericolo grave degli astanti. Fu un fenomeno analogo, che svelò l' immane forza e l'alta temperatura che può concepire un vapor rinserrato. Se ne osservano gli effetti nel *Digestor di Papino*, per cui si accumula siffattamente il calorico nell'acqua rinchiusa, da sciogliere le ossa ed estrarne la gelatina. Suolsi anche render visibile la energica espansibilità dei vapori negli effetti dell'*Eolipila*, che è un vaso metallico a forma di pera, il di cui gambo è ricurvo. Introdottavi e scaldata fortemente una dose d'acqua finchè si veda ad escire con soffio violento il vapore dall'orifizio, si riversa l'eolipila col collo in alto, e ne zampilla allora con impeto l' acqua compressa, e cacciata fuori dal vapore medesimo.

Macchine a vapore.

413. Un' applicazione d' immensa importanza della elasticità del vapore, fu quella di farla servire di motore nell' attivazione delle macchine. A darne una idea si immagini uno stantuffo mobile entro un cilindro o corpo di tromba metallico, comunicante con una caldaia per lo mezzo di una valvola o *robinetto* che aprasi a beneplacito. Facilmente si concepisce, come l' espansion del vapore esercitandosi contro lo stantuffo determinerebbe l' ascensione del medesimo, e come questo, serrata la valvola e condensato il vapore nel cilindro per una piccola quantità d'acqua fresca ivi spruzzata, cadrebbe spinto dal proprio peso e da quello dell' atmosfera, per risalir nuovamente riaperta la valvola. Tal moto alterno dello stantuffo così prodotto e trasmesso per mezzo di una leva alla produzione di qualche effetto, costituisce propriamente tutto il segreto delle macchine così dette *a vapore*. Come scorgesi il vapore non serve qui che a sollevar lo stantuffo, e la pressione atmosferica lo fa discendere.

Ma un grave inconveniente di questo sistema è la perdita di vapore che ha luogo a cagione dello spruzzo refrigerante: epperò importante fu l' idea concepita dall'inglese Watt di sopprimere la pressione atmosferica, facendo agire alternamente il vapore sulle due facce dello stantuffo, e condensandolo in un recipiente separato con notabilissimo risparmio di tempo e di combustibile.

Diconsi macchine a *doppio effetto* quelle in cui fu fatta la prima modificazione, e macchine a *condensazione* quelle in cui si fa uso del condensatore.

Un altro importante miglioramento arrecò poi lo stesso WATT nel 1782, cioè dodici anni dopo quello del condensatore isolato, e consiste nell'interrompere le comunicazioni e il corso al vapore prima che lo stantuffo abbia compiuto l'intiera *corsa*. Ciò fu fatto in principio a solo oggetto di ovviare agli effetti dell'urto, ma non si tardò a riconoscere che anche un considerevole vantaggio ne conseguiva nel risparmio d'un terzo del combustibile impiegato dalla macchina a semplice condensazione, e non a espansione od a *scatto*.

Ciò non ostante le macchine non son sempre a condensazione, e ve ne hanno di quelle in cui il vapore perdesi nell'atmosfera. Con ciò il meccanismo riesce meno voluminoso, vantaggio preziosissimo, di cui si profitta specialmente per le locomotive.

Finalmente PERKINS nel 1822 sostituì alla caldaia un cilindro di bronzo, e trasse profitto del calore residuo nel vapore che ha già agito sullo stantuffo, con impiegarlo alle vaporizzazioni successive, in modo da conseguire vantaggi notevolissimi. Ma il sistema di PERKINS non è ancora molto usitato.

Il diverso grado a cui può portarsi la forza del vapore giusta la temperatura diè luogo ad un'altra distinzione di macchine, cioè a *semplice* e ad *alta* pressione, secondochè tal forza supera la pressione di una o più atmosfere.

Affine poi di confrontare la forza delle varie macchine si prende per *unità dinamica* l'elevamento di un metro cubo d'acqua ad un metro d'altezza in una data unità di tempo, oppure la *forza di un cavallo*, che si calcola di 75 kil. d'acqua elevata ad un metro in un minuto secondo.

414. Pei calcoli attinenti alla economia delle macchine a vapore possono ritenersi i seguenti dati:

1.° La pressione del vapore acqueo a 100° sopra un centimetro quadrato di superficie, equivale a un peso d' 1$^{kil.}$033.

2.° Un kilogr. di carbon fossile può vaporizzare 10$^{kil.}$,85 d'acqua, ma in pratica non si utilizza che per 5 a 7 kil.

3.° La forza del vapore in atmosfere è data dalla seguente formola di Dulong assai esatta fino a 50 atmosfere

$$t = 139,80\left(\sqrt[5]{F} - 1\right)$$

dove F è la forza in atmosfere, e t l'eccesso della temperatura su 100°.

Per le temperature inferiori a 140° e le pressioni minori di 228 centimetri di mercurio, s' usa la formola di Tredgold

$$t = 85\left(\sqrt[6]{F} - 75\right)$$

dove F esprime la elasticità in centimetri di mercurio, e t la temperatura a partir dallo zero.

Con questi dati e gli altri relativi alle dimensioni delle macchine, e alle speciali condizioni in cui sono attivate, si costruiscono le formole atte a sciogliere le varie questioni che presentansi nella pratica delle medesime.

Può dirsi che le migliori locomotive non consumano generalmente meno di 6 a 7 kil. di combustibile per ogni ora di lavoro e per ogni cavallo di foco: sebbene alcune macchine recenti di battelli a vapore abbiano dato un consumo di soli 5 kil.

Igrometria.

415. La igrometria ha per oggetto la misura dell'umidità dell'aria; ricerca che può in molti casi interessar la fisica, l'agricoltura, le arti.

Come un dato volume d'aria esige alle diverse temperature diverse quantità di vapore per saturarsene, così alla medesima temperatura diverse dosi può contenerne giusta i varii gradi di umidità che contrae per giungere dalla siccità estrema allo stato di completa saturazione.

Or propriamente non è tanto l'assoluta quantità di vapore contenuto nell'aria che interessa determinare, quanto il rapporto di tal quantità a quella che l'aria contener ne potrebbe al grado di temperie in cui trovasi, rapporto che costituisce veramente ciò che dicesi *stato igrometrico* dell'atmosfera. Diconsi igrometri i varii strumenti immaginati ad indicare un simile stato, e i più ordinarii si fondano sull'accidentale alterazione indotta dall'umidità in certe sostanze organiche.

416. *Igrometro di* Saussure. L' igrometro di Saussure (*fig.* 56), che sembra fra gli altri il meno imperfetto, consta di un capello spoglio d' ogni ontuosità, avvolto ad un cilindretto mobile orizzontale, fisso per l'un capo e sotteso per l'altro da un piccolo contrappeso che fa girare il cilindro, mentre questo fa muovere una lancetta sopra un arco diviso in 100°, compresi fra gli estremi limiti della massima umidità e della massima siccità, segnando così co' varii suoi moti i varii gradi dell' allungamento o scorciamento

del filo *igroscopico* , dipendentemente dall'umidità da esso concepita od emessa.

Si determinano gli accennati limiti esponendo successivamente l'igrometro sotto una campana colle pareti interne bagnate d'acqua e poi sotto un'altra con entro una sostanza avidissima d'umidità, qual sarebbe il carbonato potassico, il cloruro di calcio ecc.

A qualunque temperatura si operi, la lancetta si arresta sempre agli stessi punti tanto del massimo umido quanto del massimo asciutto, poichè il capello in un'aria *satura* assorbisce sempre tutta l'umidità che può precipitare la sua azione o affinità *igroscopica*. Quindi è che il grado 100 corrisponderà costantemente allo stato di completa saturazione, ossia di massima umidità : non così i gradi intermedii indicheranno proporzionali dosi di umidità quantunque corrispondano a proporzionali allungamenti del filo igroscopico, essendo questo più sensibile agli effetti dell' umido quando è prossimo alla siccità estrema, che verso l'estrema umidità. Così per un decimo del vapore di saturazione l'ago passa da 3° a 21, e da 95 a 100.

L'andamento dell'ago è inoltre complicato dal dilatamento del filo e dall'evaporazione della sua umidità allo alzarsi della temperatura. Tuttociò rende necessarie delle *tavole di correzione* previamente calcolate per la esattezza delle osservazioni.

417. Oltre l'igrometro sopra descritto a molti altri diedero luogo le diverse sostanze igroscopiche. L'osso di balena, l'avorio, la corda da violino, le penne, le membrane, furono successivamente impiegate: ma preferibili ad ogni altro corpo si sono trovati i capelli,

i crini, ed anche la balena che usò DELUC, per esser questi più sensibili all'umidità, e meno soggetti a rimanerne stabilmente alterati.

418. Anche direttamente si determina l'assoluta umidità atmosferica deducendola o dal maggior peso che induce in una sostanza che l'assorbisca, o dal numero di gradi per cui conviene abbassare la temperatura dell'aria, affinchè giunta questa al grado di saturazione cominci a deporre il vapore che contiene. Tal metodo dicesi *d'appannamento*, perchè è dall'appannarsi di una boccetta artificialmente raffreddata che si giudica dell'accennato punto di saturazione.

Sorgenti di calorico.

419. Le azioni elettriche, e quelle atte ad alterare la chimica e molecolare costituzione dei corpi, ne alterano pure generalmente le temperature per svolgimento o assorbimento di calore a cui danno luogo. Però sorgenti di calorico sono 1.° l'elettrico: 2.° le azioni meccaniche: 3.° le azioni molecolari: 4.° le azioni chimiche. Si ammette in generale che il calore sprigionato per qualsiasi mutazione, è riassorbito nella mutazione opposta, ossia nel ritorno dei corpi alle primiere condizioni.

Del calore sviluppato dall'elettrico parleremo nella storia di questo agente: passa un così stretto vincolo tra questo e il calorico termometrico, che l'uno non si squilibra nelle masse corporee, senza che l'altro soffra pure perturbamento. Vuolsi anzi oggidì che il calorico propriamente proceda dal neutralizzarsi fra loro delle elettricità contrarie.

420. *Calorico per azioni meccaniche.* I corpi svolgono calorico per compressione ed attrito. Gli effetti dell'accialino pneumatico e della pietra focaia, il forte riscaldarsi dei metalli battuti a martello, sono prove notissime di un tale svolgimento. I selvaggi si procurano il foco confricando insieme due aridi bastoni.

Se non che la spiegazione di questi fenomeni è assai complessa ed oscura. Può dirsi, che nei gaz compressi, il calore nasce dalla variata capacità specifica (§ 372), e che nei solidi quelle stesse azioni meccaniche che sviluppano in essi calorico, servono pure a sviluppare eminentemente l'elettrico: al postutto non è sicuramente il solo cangiamento di densità che debba in questi casi prendersi in considerazione: e nemmeno può dirsi che l'effetto calorifico possa (almeno sempre e totalmente) ripetersi da chimica azione.

In quanto ai liquidi non vuolsi che questi sviluppino un calore sensibile per compressione: sebbene Sturm e Colladon abbiano ottenuto un tale effetto nell'alcool.

421. *Azioni molecolari.* Non solo ne' cangiamenti di stato di cui già parlammo, ma nelle azioni capillari eziandio ha luogo un sensibile sviluppo di calorico, per esempio quando i solidi son bagnati dai liquidi, o i gaz si addensano sui solidi o ne sono assorbiti, come si osserva nella spugna di platino, nel carbone.

Dagli sperimenti fatti parrebbe, che l'elevazione di temperatura non dipenda gran fatto dalla natura dei corpi, quando ha luogo per semplice umettazione superficiale: sebbene per cagioni facili a intendersi tale elevazione sia maggiore nei corpi di origine organica che negli inorganici. In questi non è infatti che di una frazione di grado, in quelli va fino a 10°.

422. *Azioni chimiche.* Potentissima cagione di calore sono le chimiche azioni. La combustione ordinaria non è che una combinazione dell'ossigeno dell'aria cogli elementi del combustibile. Quivi come in altre combinazioni lo sviluppo di calore s'accompagna con quello della luce; questa è allora simbolo di una azione energica, e di un'altissima temperatura.

Ma se si considera che col solo elettrico si ottiene il più intenso foco che si possa produrre senza ombra di chimica azione, si troverà plausibile l'idea di coloro, che fanno sempre intervenire l'elettrico nella spiegazione dei fenomeni termo-chimici.

Se a ciò si aggiunge, che giusta gli sperimenti di Hess e di altri, le quantità proporzionali di calore sviluppato nelle chimiche combinazioni sembrano seguire al par di quelle di elettrico rapporti semplici e moltipli, in analogia con le leggi che reggono le proporzioni degli elementi ponderabili che si combinano; si vedrà che lo studio dei fenomeni di cui si ragiona è inseparabile da quello dei fenomeni elettrici.

423. *Calore animale.* Non facciam cenno del calore animale che per compiere il novero delle così dette sorgenti calorifiche, e per l'attinenza che può aver la dottrina sull'origine della temperatura vitale, colle teorie fisico-chimiche.

Gli animali godono d'una temperatura *propria* superiore in generale a quella dell'atmosfera. I soli molluschi si considerano avere temperature dipendenti da quelle del mezzo in cui vivono. Così la temperatura del corpo umano è di 37°; i cani hanno una temperatura di oltre 39°, i gatti di poco men che 40°, gli uccelli in generale di oltre 42°.

424. Varie furono le opinioni sull'origine del calore animale: si cercò da valenti fisici di determinare qual parte di tal calore avrebbesi potuto attribuire alla respirazione riguardata come una combinazione dell'ossigeno dell'aria col carbonio e coll'idrogeno del sangue, e però come una vera combustione: da siffatte ricerche risultò che la respirazione non somministrerebbe che dai 7 ai 9 decimi del calore totale svolto e perduto dal corpo vivente.

Ciò fece credere a taluno che alle sole influenze del sistema nerveo e alle elettriche azioni di cui sarebbe ministro si doveva ricorrere, per aver ragione del fenomeno di che ragioniamo. Ma tale idea non si concilia colle nozioni che abbiamo intorno agli effetti termo-chimici, e molto meno coi soprariferiti risultamenti di Hess (§ 422), i quali proverebbero non solo operarsi lo svolgimento del calorico nelle chimiche combinazioni in proporzioni determinate, ma esserne le quantità svolte sempre le stesse, comunque tali combinazioni si compiano con rapidità o con lentezza.

425. Taluno attribuisce anche alle piante un calore proprio: ma è difficile il credere, che il calore sviluppato dalle piante possa farsi sensibile, stante le molte cagioni che concorrono al suo disperdimento, se si eccettuino alcune epoche e alcuni casi.

Freddo artificiale.

426. La grande quantità di calorico che si fa latente nella volatilizzazione dei liquidi può dar luogo in più casi a una forte produzione di freddo. Fu Leslie

il primo che applicò tal principio onde ottenere un simile effetto a gradi intensissimi.

Posta sotto il recipiente della macchina pneumatica una piccola quantità di acqua e presso a questa un vaso contenente dell'acido solforico concentrato, si fa il vuoto: il vapore che allora si svolge, è subito assorbito dall'acido, sicchè continuandosi l'evaporazione, l'acqua passa in poco tempo allo stato di ghiaccio.

Si ottiene anche il ghiaccio esponendo nel vacuo globicini di vetro ricoperti di cotone inzuppato d'etere, e spingesi per tal processo il raffreddamento fino a congelare il mercurio, fasciatane la pallina con un tessuto bagnato di acido solforoso liquido.

Può infine bastare a produrre un simile effetto una forte corrente d'aria. In Ispagna s' usa un tal mezzo per avere acqua fresca. Però si espone in luogo ventilato dentro vasi spugnosi, detti *alkarazaz*, affinchè dalla lor parete trasudando il liquido producasi una abbondante evaporazione.

Ma un mezzo che li supera tutti di ottenere un freddo artificiale intensissimo è somministrato dall'acido carbonico solido. Faraday si procurò un freddo di -80° dalla vaporazione di una soluzione eterea di tal sostanza.

427. *Miscugli frigorifici.* Una forza qualunque, che costringa i corpi a liquefarsi o vaporizzarsi, può pure divenir causa di raffreddamento: così una dose di sal comune pesto con due di ghiaccio ne cagiona la fusione, al favor della quale un termometro immerso nel *miscuglio frigorifico* si abbassa a 20°. Vero è che tale effetto è complicato dall'*azione molecolare* tra l'acqua e il sale.

Siffatta azione, se specialmente prodotta sia da sostanza che abbia molta tendenza a combinarsi coll'acqua, può sprigionare tanto calorico da vincere quello assorbito nella fusione, e così dar luogo a riscaldamento anzichè a produzione di freddo. Si intende però come le proporzioni del miscuglio possono anche influire sul risultato. Così una parte d'acido solforico con 4 di ghiaccio produce freddo, una proporzione inversa, calore.

Fra i molti miscugli frigorifici ottimo è quello di circondare un primo miscuglio di neve e acido nitrico o solforico, con un altro di neve e cloruro di calcio, e questo con un terzo formato di neve e di sal marino; ponendo i tre miscugli in tre recipienti diversi e concentrici, si pervenne a far cristallizzare il mercurio, l'ammoniaca liquida e l'etere.

Anche senza ghiaccio può ottenersi in più modi un forte abbassamento di temperatura sotto quella del gelo. Così versando sopra cinque parti di sal ammoniaco ben polverizzato misto ad una di salnitro pure ridotto in polvere 16 parti d'acqua di pozzo, si ottiene un freddo di 12°.

CAPO IV.

ELETTRICITÀ STATICA.

Elettricità per istrofinio.

428. Uno fra i naturali agenti poderosissimo, quello stesso che forma la materia del fulmine, è la *elettricità.* L'esame

de' suoi effetti ce lo fa considerare qual fluido sottile, la cui presenza nei corpi è come una condizione della loro natura.

Molti sono i mezzi per cui si induce nei corpi la facoltà elettrica, di attrarre e respingere altri corpi, slanciare scintille, spruzzi e lampi luminosi, accendere sostanze infiammabili ecc. Questi mezzi riduconsi ad azioni *meccaniche*, *molecolari*, *chimiche*, *calorifiche* e *magnetiche*.

Conosceano appena confusamente gli antichi le proprietà elettriche nell'ambra gialla strofinata di fresco, dal cui greco nome *electron* quello venne di elettricismo. S'aggiunse poscia il vetro, lo zolfo, la seta, e in generale le sostanze vitree e resinose, e successivamente tutte può dirsi le altre sostanze si riconobbero capaci di elettrizzarsi per istrofinìo, benchè in grado e modo diverso, in alcune conservandosi l'elettricismo più o meno permanentemente ed energicamente nel luogo stesso dove fu eccitato, in altre diffondendosi rapidissimamente su tutta la lor superficie, e così illanguidendosi fino a dileguarsi totalmente.

Strofinato a cagion d'esempio un bastone o cilindro di cera lacca, di solfo o di vetro con un panno lana, se a prossimità di esso cilindro pongansi dei corpicciuoli leggeri, ne verranno questi successivamente attratti, e repulsi: e se al corpo strofinato si avvicini il dito o un metallo rotondeggiante, una viva scintilla accompagnata da una specie di decrepitazione si vedrà balenare tra l'uno e l'altro, e operando nel buio, un debole lume cilestro apparirà seguitare nel suo moto il corpo strofinante.

Adoprando invece un cilindro metallico niuno indizio di elettricismo si manifesterà nel medesimo comunque si strofini, a meno che in luogo di tenerlo per mano non gli si annetta un manubrio di vetro o di resina. Allora i segni elettrici compariranno, e si dilegueranno nuovamente e all' istante, ove solo si tocchi il cilindro col dito; come appunto se tale comunicazione colla mano e col suolo, schiudesse una libera via alla diffusione della elettricità in esso eccitata. Si otterrebbero gli stessi sintomi di elettricismo nel cilindro metallico se si toccasse con un tubo di vetro elettrizzato, poichè in tal caso una parte della elettricità del tubo si diffonderebbe rapidissimamente sul metallo, che direbbesi allora elettrizzato *per comunicazione*.

429. *Corpi conduttori o coibenti.* Il fin qui detto conduce a una importante distinzione di corpi *conduttori* o *deferenti* dell' elettricismo, e di corpi *coibenti* detti anche *isolatori*, servendo infatti ad isolare o segregare gli altri corpi da ogni comunicazione coi conduttori. Dimostra inoltre che erronea era l'antica denominazione di corpi *idio-elettrici* ossia elettrici per se stessi, e *anelettrici* ossia non elettrici, fondata sull'idea, che soltanto i primi potessero elettrizzarsi collo sfregamento. Tutti i corpi strofinati si elettrizzano, ma non tutti hanno la facoltà di ritenere l'elettricità in essi svolta, la quale per altro può accumularsi e rendersi sensibile anche in un conduttore col tenerlo isolato.

430. Niun rapporto determinato e costante si conosce finora fra lo stato dei corpi e la loro *facoltà conduttrice*. Buoni conduttori sono i metalli, il carbone,

quasi tutti i liquidi, il vapore acqueo, la paglia, il lino, le sostanze organiche e fresche. Conduttori imperfetti le gomme, le resine, l'olio, la cera fredda, il sevo, l'aria e i gaz secchi.

I gaz godono in diversa proporzione del poter d'isolare a egual pressione, ed è osservabile che tal potere non dipenda dalla loro natura e non sia in rapporto colla loro densità specifica, sebbene per altra parte scemi in ciascuno colla densità propria. Così il gaz acido carbonico è più pesante insieme e meno coibente dell'idrogeno carbonato.

431. Dal vedere che la facoltà isolante scema colle densità d'uno stesso gaz, potea arguirsi che il vacuo non potrebbe punto isolare: e tuttavia Harris ed altri con lui furono indotti ad opinare il contrario: ma le obbiezioni teoriche che ammette la loro opinione, fan desiderare che nuove esperienze vengano a confermarla.

432. Si è pure osservato che il potere isolante è maggiore per l'elettricità negativa o resinosa, che per la vitrea; cosicchè la distanza da cui scocca la scintilla elettrica detta *distanza esplosiva*, è a pari energia o tensione elettrica maggiore per la elettricità vitrea che per la resinosa.

433. *Macchina elettrica.* Consta la macchina elettrica (*fig.* 58) di un corpo da confricarsi coibente, che suol essere un disco di cristallo mobile fra due cuscini, e di uno o due cilindri metallici isolati, e così situati da ricevere la elettricità eccitata nel disco. Però presentano al medesimo delle punte di cui vanno armati, la qual disposizione s'intenderà quando sarem più inoltrati nello studio de' fenomeni elettrici.

434. *Attrazioni e repulsioni.* Se preso un cilindro di cristallo ed uno di resina, ed elettrizzato l'uno e l'altro, s'accosti il primo ad un globetto di midolla di sambuco appeso a un filo di seta (*fig.* 57), e ad un globetto consimile s' accosti il secondo, i due corpicciuoli saranno rispettivamente attratti, elettrizzati e respinti dal cilindro ad essi appressato.

Ma se al globetto elettrizzato e repulso dal vetro si appressi la resina, e a quello elettrizzato e repulso dalla resina s'appressi il vetro, la repulsione cangierassi allora in attrazione: se infine i due corpicciuoli stessi elettrizzati s'accostino l'uno all'altro, si attrarranno a vicenda, e si repelleranno invece toccati ed elettrizzati entrambi dal medesimo corpo.

Parlando delle attrazioni e repulsioni elettriche, osserveremo, che importava assai per fondare una dottrina matematica dei fenomeni elettrici il determinare le leggi con cui questi fenomeni si operavano.

5. Coulomb stabilì, che la forza attrattiva come quella di repulsione, seguono la nota legge della inversa delle distanze quadrate.

Harris crede che tal legge non sia esattissima nei casi in cui le forze elettriche siano assai piccole.

Faraday trovò poscia che l'azione elettrica complicavasi da quella del mezzo coibente intermedio ai due corpi fra i quali si esercitava.

Sulla elettrica attrazione e repulsione sono fondati varii curiosi esperimenti, come lo *scampanìo*, il *ballo-elettrico*, l'*aragno di* Franklin, ecc.

436. *Scampanìo.* Da una verga metallica che si fa comunicare al conduttore della macchina, stanno pendenti per una catena una campanella, e per fili di

seta un'altra simile che comunica al suolo e un pendolino intermedio (*fig.* 61). Questo attratto elettrizzato e respinto dalla prima campanetta contro l'altra su cui depone la elettricità ricevuta, riattratto quindi e respinto di nuovo e rigettato a vicenda, cagiona così oscillando un continuo suonar delle due campanine. Affatto analoghi sono gli altri giuochetti elettrici sopramenzionati.

437. *Ipotesi dei due fluidi.* Simili fenomeni condussero DUFAY a distinguere due specie di elettricità *vitrea* e *resinosa*, e a stabilire qual legge costante, che *si attraggono o si repellono i corpi secondo che diversa o identica è la elettricità onde son carichi.*

Sulla qualità poi dell'elettricismo che per istrofinio i corpi possono concepire, niun criterio generale sembra potersi fissare, leggerissime circostanze bastando spesso a produrre effetti del tutto opposti. Così strisciando in croce due nastri bianchi di seta, prende l'elettricità vitrea quello che è confricato longitudinalmente, resinosa risulta quella dell'altro: e se si striscino l'uno sull'altro due dischi di vetro in tutto simili, or nell' uno or nell' altro si fisserà la elettricità della medesima specie. Un solo fatto che costantemente si avvera, semprecchè abbiasi eccitamento di elettricismo fra due corpi, si è che i medesimi costituisconsi in stati elettrici differenti.

438. *Elettrometri.* Son gli elettrometri o elettroscopii composti di due pendolini o pagliuzze o foglie d'oro sottilissime sospese in piccoli vasi di cristallo, e che s'aprono repellendosi per l'azione d'una comecchè piccola elettricità (*fig.* 59); o anche di un solo pendolo come quello di HENLY (*fig.* 60), che si annette alla

macchina pneumatica. Quivi il pendolo è sopportato da un cilindretto, che elettrizzandosi col conduttore della macchina lo respinge tanto più quanto più intenso è l'elettricismo, la qual ripulsione è indicata da un quadrante.

439. *Luce elettrica.* La luce elettrica apparisce sotto forma di scintilla quando a un corpo carico di elettricità se ne accosta un altro che non lo sia. Ma se al corpo elettrizzato per esempio al conduttore della macchina elettrica si presenti una punta metallica, questo agisce come se ne assorbisse tacitamente l'elettricismo, ed operando nel buio vedesi una specie di *stelletta* alla sua estremità. È la elettricità resinosa che attratta verso la punta dalla vitrea del conduttore mentre l'attira a vicenda, con questa si neutralizza.

L'apparenza sarebbe diversa se il conduttore fosse carico di elettricità resinosa, il che si ottiene facendolo comunicare coi cuscini isolanti, anzichè metterlo in relazione col disco. Allora alla punta metallica si vede un *fiocco* luminoso.

Lo stesso dissipamento di elettricismo si ottiene armando di punta metallica il conduttore medesimo della macchina. Allora si ha il fiocco o la stelletta secondochè il conduttore è carico di elettricità vitrea o resinosa. Quivi è la elettricità del conduttore che si porta verso la punta, e si scaglia nell'atmosfera non senza agire sulla elettricità naturale di questa e scomporla in parte. In ambi i casi ossia che la punta annettasi al conduttore o gli si presenti a certa distanza, la forma stessa acuminata di essa è la cagione di queste singolari apparenze.

440. *Induzione o influenza elettrica.* I corpi elettrizzati

inducono uno stato elettrico negli altri corpi, scomponendo la loro elettricità naturale, attraendo cioè la elettricità contraria a quella di cui son carichi, e respingendo l'omologa.

Collocato un cilindro metallico (*fig.* 62) isolato e munito nella sua lunghezza di *pendoli elettroscopici* a convenevol prossimità di una sfera metallica carica, a cagion d'esempio, d'elettricità vitrea, si vedono i detti pendoli divergere gradatamente a partire da un punto posto verso la metà del cilindro.

Esplorate le elettricità dei due estremi si trova omologa alla elettricità della sfera, cioè vitrea quella della estremità più lontana, resinosa quella dell'altra estremità. Allontanato il cilindro cessa in esso all'istante ogni elettrica apparenza senza perdita di elettricità nella sfera, per ricomporsi delle due elettricità separate. Che se stando il cilindro e la sfera in presenza l'uno dell'altro, si faccia il primo comunicare col suolo toccandone col dito l'estremità più lontana, una scomposizione più estesa allora si opera; una quantità di fluido resinoso passa dal suolo nel cilindro, mentre una pari quantità vitrea si versa dal cilindro nel suolo, come lo indica la nuova divergenza dei fili elettroscopici, che andrà allora decrescendo dall'estremità più prossima all'altra comunicante col suolo, dove sarà minima: che se rimosso il dito, si allontani la sfera elettrizzata, troverassi il cilindro carico d'una dose di elettricità resinosa, come lo indicherà ancora la divergenza dei fili, che sarà in tal caso per tutti la stessa.

441. Ora è a sapersi, come agli effetti della induzione concorra a prender parte essenziale ed attiva, secondo

Faraday, il coibente o dielettrico intermedio onde è diviso il corpo che subisce l'induzione da quello che la produce, cosicchè frapponendo tra l'uno e l'altro ora un disco di zolfo, ora di vetro, ora di resina, subito appariscono differenze notevoli nelle elettriche tensioni.

(·) Questo fatto, e l'altro dallo stesso fisico osservato e studiato, che l'elettrica induzione s'opera anche in direzione curvilinea a traverso i corpi capaci di trasmetterla, lo autorizzano a supporre, che l'azione induttiva non operi altrimenti in sola ragion di distanza, ma trasmettasi mercè di un certo molecolare polarizzamento della sostanza dielettrica, capace di tale trasmissione: è osservabile che questa proprietà detta *capacità specifica* di Faraday, non gli parve dipendere nei gaz dalla loro natura, nè dalla lor densità, al contrario di quel che avviene per la facoltà isolante (§ 430).

442. *Diffusione dell'elettricità sulla superficie dei corpi.* Dappoichè l'elettricità non è rattenuta nei conduttori che per l'ostacolo opposto alla sua trasfusione dai corpi coibenti, sembra natural cosa il pensare, dover la medesima portarsi tutta alla superficie dei conduttori medesimi, e quivi non arrestarsi che per lo impedimento del mezzo coibente. L'esperienza non lascia dubbio alcuno su questo fatto. Poichè se due emisferi cavi deferenti e isolati si portino a ricoprire una sfera metallica elettrizzata, rimossi che sieno, si trovano aver rapita tutta l'elettricità della sfera; e se un conduttore elettrizzato e isolato si collochi sotto il recipiente della macchina pneumatica e facciasi il vuoto, se ne dissiperà rapidissimamente l'elettricismo, e con qualche lentezza, se il corpo sarà coibente: il che dimostra contribuire insieme e la coibenza di esso

(·) [handwritten note, illegible]

e la influenza dell'aria a rattenere l'elettricità sulla sua superficie.

443. Ma chiedere si potrebbe qual legge il fluido che si diffonde sui corpi deferenti segua in tal diffusione? E primieramente è chiaro non potersi ivi accumulare il medesimo oltre il limite in cui la sua pressione contro l'atmosfera vince la resistenza di essa: bensì si verifica, variare tal pressione sui varii punti della superficie di un corpo dipendentemente dalla sua configurazione, provando l'esperienza, che tanto più intensa diviene quanto la forma del corpo va più assottigliandosi.

Anche un tal fenomeno sarebbe un risultato teorico dell'elettrico equilibrio nella sopra riferita ipotesi del doppio fluido. Ritenendo infatti la legge dimostrata dal signor Coulomb, che stabilisce essere l'attrazione e repulsione elettrica nell'inverso dei quadrati delle distanze, dimostrasi col mezzo del calcolo simbolico, che lo strato elettrico esterno, perchè non eserciti azione alcuna sui punti situati nel concavo di esso (come esser dee perchè si componga in uno stato di permanente equilibrio), deve essere generalmente ineguale, e varia la sua tensione per modo che diverrebbe infinita sulla punta di un cono, se pur quivi potesse l'elettricità indefinitamente accumularsi.

444. È appunto un tale risultamento, che dà ragione dei soprariportati esperimenti relativi alle punte. Se infatti un conduttore acuminato presentisi a un altro elettrizzato, l'elettricità di questo, che supporremo vitrea, attrae per induzione verso la punta del primo la resinosa, che acquistando quivi una tensione assai forte, si scaglia sul conduttore elettrizzato, e lascia

l'altro carico di elettricità vitrea: è in questa maniera, che il conduttore della macchina elettrica slancia la sua elettricità resinosa sul disco, e rimane vitreamente elettrizzato (§ 433). Similmente s'intende come questo perderebbe la sua elettricità vitrea per una punta non collocata sotto l'influenza del disco.

Rimarrebbe a spiegare la varia apparenza del fiocco e della stelletta giusta la natura del fluido che le punte emettono: del che si dà ragione ammettendo nell'aria un potere coercitivo diverso per li due fluidi, minore pel vitreo, maggiore pel resinoso (§ 439).

445. Come dunque si scorge, l'essenzial differenza di effetti elettrici che offrono le punte e i corpi ottusi, dipende dalle condizioni stesse colle quali tende a comporsi in equilibrio l'elettricismo. In quelle per una subita e continuata azione trasfondesi l'elettricità indutta o comunicata senza strepito e con apparenze luminose diverse per le ragioni sopraccennate; in questi s'addensa più o meno fino a vincere la pressione atmosferica con romore e scintillamento.

446. Non men facilmente si spiega cotesto rumore prodotto senz'altro dalla subita rarefazione e ricomposizione dell'aria grandemente commossa dalla *elettrica corrente*.

447. Non altrimenti facile dai principii stessi emergerebbe la spiegazione delle elettriche attrazioni e repulsioni. Fingansi infatti due palline deferenti sospese a un filo di seta e cariche di omogenea elettricità: è chiaro, che collocate queste a prossimità convenevole, dovrà il loro fluido, giusta la legge fondamentale, scambievolmente respingersi, ma rattenuto dall'aria si porterà strisciando sulla lor superficie verso la parte

posteriore di esse. Ivi per la sua reazione contro l'aria stessa, la pressione di questa cederà alla preponderante che si esercita sugli emisferi che si riguardano, onde le sfere sospinte in contraria direzione sembreranno sfuggirsi. L'inverso arriverebbe, se le due sfere fossero rivestite di non omologa elettricità, o se l'una di esse fosse elettrizzata, l'altra allo stato naturale, essendo manifesto, che in questi due casi il maggiore accumulamento dell'elettricità libera o decomposta si farebbe sugli emisferi interni e più prossimi, onde risulterebbe, che la pressione atmosferica preponderando sugli esterni ravvicinerebbe le sfere. Nel caso poi in cui fossero le sfere perfetti coibenti, l'azion dell'aria non più concorrerebbe allora a simili effetti, bensì la forza incognita in cui risiede la *facoltà coibente*, per cui i due fluidi in attività trasporterebbero le sfere stesse nel loro movimento.

È questa la spiegazione finora data delle elettriche attrazioni e repulsioni, ma vedesi di leggieri, come debba la medesima modificarsi, ammessa la coibenza del vacuo e la complessa influenza della capacità dielettrica.

Elettricità accumulata.

448. *Boccia di Leida.* Forma un'epoca memorabile nella storia dell'elettricità la scoperta comecchè fortuita fatta in Leida da Cuneus nel 1747, mentre stava elettrizzando dell'acqua dentro una caraffa di vetro per mezzo d'uno stipite metallico o *filo conduttore*. Tenendo egli con una mano la boccia, venne a toccar

coll'altra il filo metallico, e fu sorpreso dal provare nelle braccia e nella persona una ben più che ordinaria commozione.

Dopo le cose già dichiarate noi possiamo intendere come ciò dovesse appunto seguire. Ed in vero, per la nota legge di induzione, la elettricità che derivava dal conduttore nella bottiglia, dovea necessariamente influir sulla elettricità naturale sparsa sulla mano dello sperimentatore e scomporla, attratta alla faccia esterna della caraffa la elettricità contraria o resinosa, e respinta la omologa o vitrea. Ma per ciò stesso, la forza espansiva o *tensione* della elettricità interna rimanendo parzialmente come ammortita dalla esteriore elettricità, una nuova quantità di fluido dovea derivare nella bottiglia dal conduttore, e questa a vicenda un'altra quantità richiamarne sulla faccia esterna, e così proseguirsi l'accumulamento delle due elettricità fino a che l'eccesso libero della elettricità interna si fosse equilibrato colla elettricità della macchina.

Ora si scorge in che stanno le condizioni di siffatto accumulamento. Basta a produrlo la presenza di due conduttori divisi da una superficie coibente, l'un dei quali comunichi con una sorgente di elettricismo, e l'altro col comun serbatoio.

Nella caraffa di Leida i due conduttori erano l'acqua e la mano di chi sperimentava.

Si sostituirono poscia due *armature* metalliche ricoprendo fino a certa altezza la faccia esterna della caraffa con una foglia di stagno, e la interna con una lega fusibile (*fig.* 63).

Se una armatura si fa comunicare col suolo, l'altra col conduttor della macchina, la bottiglia si carica, e

si scarica, messe in comunicazione fra loro le due armature con un arco metallico detto *eccitatore*.

Al momento e al luogo dell'ultimo contatto, che si fa sul globetto in cui si suol terminare il filo conduttore, si vede una forte scintilla accompagnata da forte esplosione prodotta dal neutralizzarsi delle due elettricità. Se la comunicazione si stabilisca colle due mani, si prova la scossa elettrica, e più persone possono sentirla, se dandosi tutte la mano, la prima della catena che tiene la boccia tocchi l'ultima col globetto metallico.

Il quadro magico o *fulminante* non è che una lastra di vetro guernita di due armature come la bottiglia di Leida, da cui punto non differisce nel suo modo di agire.

449. *Condensatore*. Il condensatore (*fig.* 65) dovuto al celebre Volta consta di due dischi metallici che si soprappongono divisi da una sottile lastra o vernice coibente. Serve a condensare e render sensibili le tenui dosi di elettricità, vantaggio prezioso in molte delicate indagini. Però mentre l'uno dei dischi, detto *condensatore*, comunica col suolo, si mette l'altro, detto *collettore*, in comunicazione colla sorgente di elettricità che vuolsi esplorare. L'accumulamento dell'elettrico si opera quivi pertanto in maniera e per causa affatto analoga a quella ond'è prodotto nella boccia di Leida.

L'effetto ne giunge poco stante al suo *maximum*, e rendesi sensibile l'elettricità accumulata, se tolte le comunicazioni si sollevi il collettore per un manubrio isolatore di cui è munito, e s'accosti a un elettroscopio.

450. *Elettroforo.* L'elettroforo inventato pure dal Volta serve, come lo indica il nome, qual sorgente sempre viva d'elettricismo, da cui si attinge a beneplacito questo fluido e si riceve a scintille.

Consta di una stiacciata di resina e di un piatto metallico isolante. S'eccita la elettricità sulla stiacciata, percuotendola con pelle di gatto, si posa il disco sulla medesima, si tocca col dito, indi si solleva per il manubrio. Se allora gli si accosta la nocca del dito, se ne trae una scintilla. L'operazione può ripetersi tante quante volte si vuole, perchè la resina conserva a lungo la propria elettricità.

Anche questo fenomeno è un effetto manifesto di elettrica induzione. Il disco metallico sotto l'influsso della resina elettrizzata piglia la elettricità positiva, mentre la negativa è scacciata nel braccio dello sperimentatore e nel suolo. Se il disco si sollevasse mantenendo la comunicazione col suolo, le due elettricità separate si riunirebbero subito; ma se prima di alzarlo si scosta il dito, allora una dose di elettricità positiva vi rimane imprigionata, e si manifesta come abbiam detto. Però coll'elettroforo si può caricare una boccia di Leida. S'usa sovente nei laboratorii di chimica: Volta l'applicò alla sua *lucerna elettrica.*

451. *Batteria elettrica.* Conosciuta l'esperienza di Leida, fu facile il pensare a rendere più potente l'azione dell'elettricità accumulata moltiplicando le boccie.

Quindi ebbe origine la *batteria* elettrica (*fig.* 64), composta appunto di boccie di Leida, collocate sopra un piano deferente, le capacità interne delle quali comunicano fra loro per spranghe metalliche che fanno

capo ad una sfera centrale. Posta questa sfera in comunicazione col conduttore della macchina, e il piano deferente col suolo, si carica la batteria, e si scarica mettendo in comunicazione il piano e la sfera coll'arco eccitatore.

L'intensità dell'elettrica esplosione può con simile apparato portarsi al punto di uccidere animali, rompere, fondere, infiammare, volatilizzare i metalli.

452. *Del fulmine.* Gli effetti dell'elettricità artificiale avean già fatto congetturare la loro identità con quelli del fulmine, quando Franklin pensò farne prova con erigere ed isolare una aguzza sbarra metallica, onde esplorarne lo stato elettrico in tempo di burrasca. Stava egli aspettando che fosse costrutto un campanile in Filadelfia per ivi allogare il suo apparato, quando, venutogli in mente che avrebbe potuto conseguire il suo fine con slanciare verso una nuvola temporalesca un cervo volante armato di punta, ebbe di fatto, così operando, la soddisfazione di veder prima divergere le filacce del canape che teneva isolatamente per un cordone di seta, indi di trarne scintille, accender l'alcool, caricare una bottiglia di Leida. Ciò avvenne in giugno 1752: senonchè in Francia a tal epoca lo avea già prevenuto a di lui insaputa il signor Dalibard, che da una sbarra di ferro elevata a Marly-la-ville avea ottenuto effetti anche più energici. Lo stesso sperimento costò un anno dopo la vita al Professore Richmann di Pietroborgo.

Con ciò fu definitivamente provato, non consistere il fulmine che in una energica corrente di elettricismo, o piuttosto in due contrarie correnti, che si spiccano da nube a nube, o tra le nubi e la terra;

e il lampo ed il tuono non differire dalla luce e dal rumore che accompagnano la scarica di una boccia di Leida, che pel divario che passar deve fra i tenui prodotti dell'arte, e i grandiosi effetti della natura.

È dall'incontro stesso delle due elettricità attraverso l'aria atmosferica, che ha origine il primo fenomeno: è l'aria fortemente commossa in tal conflitto che produce il secondo. Alcuni non ravvisano in siffatta commozione, che un complesso di vibrazioni cagionate dal subito scomporsi e ricomporsi di elettricismo nelle varie parti della massa aerea, altri vi contemplano quella istantanea rarefazione meccanica e condensazione successiva che l'aria realmente soffre nel passaggio dell'elettrica corrente, come lo provò Beccaria.

455. *Parafulmini.* Se Franklin non fu il primo a rapire alle nuvole l'elettricità, fu il primo a concepir l'idea di preservarci dai suoi sinistri effetti coi parafulmini.

Sono i parafulmini lunghe e aguzze spranghe di ferro piantate a perpendicolo sugli edifizii, e comunicanti col suolo per catene o corde metalliche, che vanno ad immergersi nelle viscere della terra in luogo umido o nell'acqua di un pozzo. La lunghezza ne varia giusta le circostanze da 5 a 10^{m}, il diametro da 55 a $60^{mill.}$, e la grossezza della fune metallica da 16 a $20^{mill.}$ Dovendosi impiegare più d'un parafulmine, le dimensioni e la distanza delle spranghe si regoleranno sul dato sperimentale, che ciascuna possa guarentire uno spazio circolare di raggio doppio della sua lunghezza. Basterebbe un conduttore comune, ma è più prudente assegnarne uno a cia-

scuna coppia di parafulmini col metterli tutti in comunicazione fra loro.

Facile è la teoria di questi apparati per quel che fu detto. Quando una nube carica di elettricismo passa sopra un edifizio armato di parafulmine, ne decompone l'elettricità naturale. Attratto alla punta metallica il fluido contrario, scagliasi questo a neutralizzare a poco a poco la elettricità della nube senza scosse e senza esplosione. Che se per un caso straordinario la nube venisse ad agire con soverchia energia sulla punta medesima, l'elettrico ne uscirebbe allora a gran fiotti col guizzo del lampo, e collo scoppio del tuono: la punta direbbesi fulminata.

Tuttavia anche in simile caso portandosi l'esplosione su quest'ultima, potrà infiammarla e fonderla ben anco, senza però diffondersi funestamente all'intorno, prescegliendo sempre l'elettrica corrente per il suo passaggio la spranga metallica, cui traverserà, lasciati illesi i corpi vicini.

Da ciò si vede, come la continuità della comunicazione tra la spranga ed il suolo per la libera dispersione dell'elettricismo, sia una condizione affatto indispensabile di questo apparato.

454. *Ipotesi di* Franklin. L'ipotesi dei due fluidi finquì da noi seguìta spiega assai bene i fenomeni elettrici. Tuttavia alcuni anche oggidì antepongono quella di Franklin, comecchè inammissibile, in que' termini almeno in cui fu dal suo autore proposta.

Un solo e semplice esilissimo fluïdo diffuso universalmente nei corpi, e di cui una parte costituisce lo stato lor naturale, ammettono i seguaci di questa ipotesi. Le molecole di tal fluido mutuamente repulse

fra loro, sono però attratte dalla materia stessa dei corpi, nelle molecole de' quali forza è inoltre ammettere per la piena spiegazione de' fenomeni una mutua repulsione, cui per altro bilancierebbe l'attrazione supposta fra la quantità di materia e di fluido, che ciascun corpo contiene allo stato suo naturale. È dallo squilibrio indotto fra queste forze, che si altera la quantità di elettricismo naturale, il di cui eccesso o difetto costituisce due stati, che furon detti di elettricità *positiva* o *negativa*, e corrispondono a quelli di elettricità *vitrea* o *resinosa* nella ipotesi di due fluidi. Così Franklin spiegava il fenomeno della bottiglia di Leida, dall'accumulamento del fluido elettrico sulla superficie interna della boccia, per cui una egual porzione di quello della superficie esterna ne veniva repulsa e cacciata fuori.

Tralasciando ogni raffronto fra le due dottrine, gioverà solo osservare che, mentre la prima piegasi facilmente e corrisponde ne' suoi risultamenti ai calcoli dell'analisi matematica, la seconda invece manca di quel numero d'applicazioni che solo potrebbero confermarla.

CAPO V.

GALVANISMO.

455. Elettricità *galvanica* o *voltaica* è detta quella, che si manifesta nella reazione delle sostanze eterogenee recate a contatto.

Le prime osservazioni che si rapportano a questa nuova maniera di svolgere l'elettricismo, furono le commozioni per essa eccitate in un ranocchio, animale sensibilissimo a questo genere d'influenza. Avea Galvani Professore di anatomia in Bologna posato sopra una tavola un ranocchio da lui preparato quando uno degli astanti, toccatolo fortuitamente colla punta di uno scalpello, vide agitarsene i muscoli come per violenta convulsione. Si fece tosto la osservazione, che il fenomeno erasi manifestato nell'atto, che altri avea tratto una scintilla da una vicina macchina elettrica. Era dunque questo un effetto di elettricità ordinaria.

456. Se non che preoccupato il Galvani da quel fenomeno, lo riprodusse in più e più guise, e fu condotto a studiarlo viemmeglio nelle sue particolarità, dacchè ebbe avvertiti certi segni di commozione nelle rane che aveva in piena aria esposte all'influsso atmosferico: quand'ecco, che premendo il gancio di rame per cui un di quelli animali stava sospeso ad un cancello di ferro vide con sorpresa apparire le consuete commozioni.

Era questo veramente un nuovo fatto degno dell'attenzione di quel filosofo, il quale esaminandolo nelle sue circostanze, lo tradusse in questa espressione generale, che cioè le contrazioni del ranocchio poteano prodursi senz'altro col solo mettere in comunicazione il nervo ed il muscolo, mercè di un arco di due metalli, o anche d'un solo, benchè meno energiche.

Però sospettò egli dapprima, indi eresse in dottrina, che simili effetti fossero prodotti da una elet-

tricità particolare che chiamò *animale*, e fu poi detta *galvanica*.

457. Ma VOLTA partendo appunto dalla rimarca del GALVANI, che le contrazioni erano più forti se si usavano due metalli, credette cogliere la vera condizione sotto cui queste si riproducevano, collo stabilire qual fatto d'osservazione, che le medesime aveano luogo soltanto in virtù del contatto delle sostanze eterogenee, o per dir meglio della elettricità che sempre svolgesi in tal contatto, e chiamò forza *elettromotrice* l'ignota causa di un simile svolgimento.

All'obbietto che subito gli fece delle contrazioni prodotte con un solo metallo, ed anche senza di questo, mettendo direttamente in contatto il nervo ed il muscolo, rispose esser ciò appunto una conseguenza del principio da lui stabilito, per cui la menoma eterogeneità, come quella tra il metallo ed il ranocchio, e tra il muscolo e il nervo, bastar doveva a produr gli effetti osservati.

458. *Sperimento dei due dischi.* Uno degli sperimenti che servirono al VOLTA a fondare la sua dottrina si fu il seguente. Presi due dischi, uno di rame, l'altro di zinco, gli recava successivamente a contatto tenendoli per un manubrio isolante, e andava ad ogni volta raccogliendo le tenui dosi di elettricità eccitata a ciascun contatto nel piattello del condensatore posto in permanente comunicazione coll'elettrometro. Successivamente, ad escludere ogni sospetto che la pressione o lo stropicciamento, sviluppando elettricità, complicar potessero lo sperimento, pensò di saldare assieme due lastre, di zinco l'una, di rame l'altra, e tenendo in mano la prima toccò colla seconda il piat-

tello raccoglitore (ch'era di rame), ed ebbe segni di elettricità negativa. Era a suo giudizio la elettricità positiva che dal rame passando nello zinco in virtù del contatto lasciava in istato elettrico contrario il piattello e li fili dell'elettrometro condensatore. Ma quando poscia toccò il piattello collo zinco tenendo in mano il rame, la elettricità gli parve nulla, dacchè quivi lo zinco si trovava secondo esso tra due contatti *rame*, l'un dei quali struggeva l'effetto dell'altro. Ed infatti l'elettricità ricompariva, se tra lo zinco e il piattello interponeva un cartone bagnato, nel qual caso la elettricità era positiva.

Quest'ultimo risultamento era secondo il Volta la conseguenza di un altro principio sperimentale da lui stabilito, che cioè i liquidi, e specialmente le soluzioni acide o saline, sono bensì conduttori in generale dell'elettrico, ma non forniti gran fatto di forza elettromotrice.

Checchè di contrario colle osservazioni successive abbiano siffatti principii, ecco come guidato Volta dai medesimi pervenne sul principio di questo secolo alla scoperta della famosa sua *pila*, strumento scientifico il più maraviglioso di quanti siano stati inventati dagli uomini, non escluso il telescopio e la macchina a vapore.

Pila di Volta.

459. Si costruisce la pila voltaica ponendo alternativamente l'uno sull'altro dei dischi di rame e di zinco, coll'intermezzo fra ciascuna coppia di dischi metallici

contigui un girello di panno o di cartone bagnato di un liquido conduttore. Ecco su qual ragionamento una tale costruzione è fondata.

Suppongasi sopra un disco di rame collocato uno di zinco. Questo piglierà l'elettricità positiva, quello la negativa in virtù della forza elettromotrice, e dureranno i due dischi in questo stato finchè nè l'uno nè l'altro comunichi col suolo. Ma facciasi che tal comunicazione sia stabilita, per esempio, a riguardo del rame: questo verserà nel suolo la sua elettricità negativa col ridursi allo stato naturale; mentre lo zinco non solo conserverà la positiva che aveva, ma un'altra pari dose ne acquisterà, se si ammette, che l'eccesso della sua elettricità su quella del rame si mantenga lo stesso.

Ciò posto, si collochi sul disco zinco un girello di panno o cartone bagnato in una soluzione acida o salina, e su questo il secondo disco rame; tanto il girello quanto il disco si caricheranno come lo zinco con cui comunicano di elettricità positiva, senza che però la tensione di questa diminuisca, poichè dura la causa da cui dipende. Ma se sul secondo disco rame si colloca il corrispondente di zinco, questo piglierà e la elettricità positiva che proviene dalla prima coppia, e quella eccitata pel suo contatto col rame; sicchè la elettricità ne sarà duplicata.

Si duplica dunque, come si scorge, l'energia elettrica colla seconda coppia, e per simile ragione si triplica colla terza, e così continuerebbe l'accumulamento dell'elettrico fino ad un limite segnato dalla conduttricità della pila e dalle altre condizioni della medesima.

S'applica di leggeri una simile analisi alla pila isolata, e dà per risultato, che le due elettricità si distribuiscono dal mezzo alle estremità in progressione crescente, cioè la positiva verso la estremità zinco, e la negativa verso la estremità rame.

460. Or ecco ciò che realmente si osserva esplorando lo stato elettrico della pila coll'elettrometro. Se questa comunica al suolo per il polo *rame* o *zinco*, il polo contrario zinco o rame si mostra carico di elettricità positiva o negativa, la cui tensione va scemando da una coppia all'altra fino all'estremo disco che comunica al suolo dove la tensione è zero: e se la pila è *isolata*, ambedue le elettricità si manifestano, la positiva al polo zinco, la negativa al rame, e con energia decrescente da ciascun polo al mezzo della pila dove è minima o nulla. Se saldati due fili metallici (detti *reofori*) ai dischi rame e zinco delle due estremità, si tenga uno di questi colla mano destra, e si tocchi l'altro colla sinistra, si prova una più o men violenta commozione; e se si avvicinano le estremità di questi due fili o reofori, vedesi la luce elettrica balenare tra l'uno e l'altro, in analogia di quanto arriva nella boccia di Leida (§ 448), con ciò per altro di divario che colla boccia si ottiene una sola forte scintilla, quivi invece si hanno le scintille a migliaia ripetendo i contatti. Ciò prova ad evidenza, che mentre dura la comunicazione fra i due estremi dischi ossia fra i due *poli della pila*, si verifica un continuo comecchè tacito circolare di elettrico tra il polo *zinco* e il polo *rame*, stante la continuata azione dell'apparato *elettromotore*.

In tale stato *dinamico* la elettricità prende il nome di *corrente*.

461. L'elettrometro, che segna lo stato elettrico della pila allorchè gli estremi di essa, ossia i due *poli* non comunicano fra di loro, non è più atto ad accennare la presenza della corrente che si stabilisce, quando i poli sono riuniti da un arco o filo metallico, giacchè allora cessa lo stato di elettrica tensione.

Richiedesi pertanto allora il *galvanometro* o moltiplicatore di cui già abbiam fatto un cenno (§ 398). Ne ragioneremo ancora, ma intanto gioverà ridurne il concetto ad un ago calamitato sospeso al di sopra di un filo metallico orizzontale, che supporremo parallelo al medesimo. Vedremo esser legge dell'azione tra l'ago e il filo, allorchè questo conduce l'elettrica corrente, che l'ago tenda a porsi perpendicolarmente al filo medesimo oscillando più o meno gagliardamente o celeremente, giusta la quantità dell'elettrico, che lo sollecita. Or l'uso di questo delicato apparecchio, reso poi più perfetto dal Nobili, contribuì non poco a chiarirci sulle particolarità dei fenomeni voltaici, e a stabilire una teoria ben diversa da quella precedentemente esposta intorno ai medesimi.

462. *Teoria chimica della pila.* Invece di attribuire lo svolgimento della elettricità voltiana alla indefinibile forza che Volta chiamò elettromotrice, vuolsi nella nuova teoria della pila derivarne l'azione dalle chimiche azioni che hanno luogo tra i conduttori solidi e liquidi dell'apparecchio. Tale azione negli elettromotori ordinarii preparati con soluzioni acquee, è l'ossidamento.

S'abbia ora pertanto la così detta *coppia semplice*, cioè una pila formata d'una sola coppia di metalli eterogenei, qual sarebbe una di quelle della pila a tasse: si sa che le due lastre metalliche, zinco e rame, che pescano nell'acqua acidula, non danno corrente se non quando una banda di rame o d'altro metallo conduttore le mette in comunicazione reciproca. Se a stabilire tal comunicazione e quindi la circolazione elettrica si faccia servire il filo del galvanometro, ecco che l'ago galvanometrico, deviando ed oscillando accusa la presenza della corrente, e di più ne indica il verso. Infatti, invertendo le comunicazioni, anche la posizione dell'ago si inverte, il che è pure, come vedremo, una conseguenza della teoria elettromagnetica.

463. Or ecco come i voltiani a dichiarare il fenomeno sopradescritto vanno ragionando. La forza elettromotrice, dicono essi, che si esercita alla superficie di contatto tra il rame e lo zinco (che tal comunicazione si faccia direttamente, o coll'intermezzo d'un'altra banda di rame, ovvero ancora d'una catena qualunque formata d'uno o più metalli, ciò non importa nella loro dottrina), spinge l'elettricità positiva dal primo al secondo metallo, e quinci da questo nuovamente al primo ossia al rame a traverso il liquido *conduttore e non elettromotore*, per legge d'equilibrio: e siccome col contatto dei due metalli dura la cagione elettromotrice, così durar deve l'efflusso elettrico.

464. I fautori invece della teoria chimica fondata da De la Rive, così ragionano. L'azione chimica tra lo zinco e il liquido in cui sta immerso, quella è, e quella sola per cui si svolge l'elettrico, che quasi versato

dallo zinco nel liquido *eccitatore* e conduttore insieme, s'appiglia al rame, e dal rame torna allo zinco: e siccome l'elettricità circolante è di due specie, così il circolamento si fa per due versi: mentre l'elettricità positiva va nel liquido dallo zinco al rame, la negativa va dal rame allo zinco. Anche il rame, è vero, soffre una azione chimica dal liquido in cui sta immerso, ma meno energica, cosicchè gli effetti elettrici che produce lo zinco risultano preponderanti.

Però si vede come in questa teoria il contatto non sia propriamente che una condizione meccanica ma non efficiente del circolamento elettrico, e basterebbe a provarlo il fatto, che l'elettrico può scoccare, come l'osservò FARADAY, tra due fili vicinissimi ma non toccantisi, comunicanti alle lastre metalliche della coppia elettromotrice.

Del resto tanti e tali sono i fatti che concorrono in favore della novella teoria, che mal si potrebbero tradurli in logico linguaggio, senza ammettere tra lo svolgimento elettrico, e l'azione chimica della pila, la relazione stessa che passa tra l'effetto e la sua cagione.

465. Si ripigli per un momento la coppia semplice, e nel liquido del vasellino s'immerga una sola delle due lamine, per esempio, lo zinco: messo tal metallo in relazione coll'elettrometro condensatore, questo accusa nello zinco elettricità negativa, mentre il liquido si trova carico di elettricità positiva.

Si faccia lo stesso del rame, e il rame prenderà pure l'elettricità negativa, il liquido la positiva, ma meno energica: che se ambedue le lastre siano immerse nel liquido, senza toccarsi, allora esplorandone

lo stato elettrico si trova quello dello zinco negativo, e positivo quello e del liquido e del rame. Tuttociò è come si vede conforme alla sopra esposta dottrina sulla origine chimica della elettricità.

Ora nell'accennata condizione delle due lastre, le due elettricità sono allo stato di tensione statica, e non possono evidentemente circolare, finchè un filo metallico non le ponga in comunicazione; allora soltanto lo svolgimento elettrico comincia e si continua, come comincia e continua l'ossidarsi e lo sciogliersi dello zinco che si riduce nel liquido a solfato di zinco, mentre l'idrogene dell'acqua scomposta si svolge in bollole sulla lastra di rame.

466. Suppongono i fisici, che in tal fenomeno le molecole acquee soffrano una specie di polarizzamento, per cui mentre una molecola a contatto collo zinco cede il suo ossigene, l'idrogene di tal molecola si unisce all'ossigene della molecola vicina, che similmente lo cede nell'atto che il suo idrogene scompone a vicenda la molecola successiva, cosicchè per una serie di ricambii e scomposizioni contemporanee in ciascuna fila di molecole frapposte alle due superficie metalliche di rame e zinco, l'idrogene dell'ultima molecola si svolge libero al momento stesso in cui l'ossigene della prima molecola s'unisce al suo equivalente di zinco.

Questa scomposizione del liquido intermedio sarebbe dunque, nella teoria di cui ragioniamo, essenzialmente connessa e allo sviluppo e al circolamento dell'elettrico nel liquido stesso, che però non potrebbe altrimenti servire a questo duplice ufficio, senza esser composto di due elementi, per dir così, antagonisti

l'uno dell'altro, come sarebbero appunto l'ossigene e l'idrogene nelle soluzioni che servono all'attivazione degli elettromotori ordinarii.

Faraday chiama *elettroliti* questi composti, ed *elettrolisi* il fatto della loro scomposizione voltaica, od *elettrolitica*.

467. Ora un luminoso risultamento per cui Faraday mise in piena luce l'intimo nesso che hanno l'elettrolisi e la produzione della corrente voltaica, si è, che l'elettrico svolto e messo in circolazione, è proporzionale alla quantità di zinco ossidato come alla quantità d'acqua scomposta in ciascuna coppia dell'apparecchio. A provarlo si assoggetti un elettrolito, per esempio l'acqua, all'azione elettrolitica d'una pila in un vaso di vetro, in cui peschino due lastre di platino. Già può intendersi come questo vaso non formi coppia elettromotrice: però introdotto nel circolo voltaico interromperebbe la circolazione elettrica, se la corrente provenisse da una semplice coppia preparata nel modo ordinario con acqua acidula. Ed infatti la corrente non potrebbe passare a traverso il liquido elettrolito, senza scomporlo, e per scomporlo richiedesi una forza maggiore di quella che parte da una sola coppia, e che proviene dall'affinità dello zinco per l'ossigene dell'acqua. Ma s'intende pure, che duplicando o moltiplicando tal forza col disporre due o più coppie attive in modo che la loro azione cospiri, la scomposizione dell'acqua nella coppia passiva potrà operarsi, come di fatti si opera. Allora i due gaz ossigene e idrogene si sviluppano entrambi sulle due lastre di platino, che Faraday chiama *elettrodi*, giacchè per esse entrano nel liquido che si scompone le due elettricità contrarie.

Or Faraday raccogliendo cotesti gaz e misurando lo zinco ossidato e disciolto in ciascuna delle coppie elettromotrici dell'apparecchio, trovò che queste quantità sono proporzionali ai loro equivalenti chimici.

Ma non solo l'acqua, ma altri composti furono sottoposti all'azione scomponente della elettricità, come il protocloruro di stagno, il protoioduro di piombo, il protossido di bismuto ecc., e la corrente traversandoli li scompose in quantità diverse, ma sempre proporzionali ai loro chimici equivalenti.

Se or si riflette che questi effetti elettrochimici si rinvennero proporzionali all'intensità galvanometrica della corrente a cui si riferiscono, si potrà stabilire come legge, che la quantità di una combinazione che la corrente scompone, è proporzionale alla quantità di elettrico che costituisce la corrente medesima.

Questa bella legge detta *dell'azione elettrolitica definita*, mentre prova in modo inconcusso lo strettissimo legame e la mutua dipendenza che hanno fra di loro gli effetti chimici ed elettrici nella pila voltaica; forma pure un di quei fatti che servir dovranno di base alle speculazioni di coloro che penetrar vogliono nell'intimo magistero delle forze e delle cagioni che presiedono alla formazione dei corpi e alle qualità per cui si caratterizzano.

La cognizione poi della vera cagione che svolge l'elettrica corrente nell'apparecchio voltaico, offre la più naturale spiegazione delle singolarità che presenta un tale svolgimento, delle quali invano si cercherebbe di dar ragione nella voltiana teoria.

468. Torniamo per un momento alla coppia semplice sopra descritta, e invece di usar zinco e rame, si

impieghino in formarla il ferro ed il rame: verso acqua acidula nel bicchierino in cui stanno le due lamine, che suppongo comunicare col filo galvanometrico; ed ecco che il galvanometro nota all'istante una corrente che nel liquido va dal ferro al rame. Finquì tutto succede conformemente ai criterii e alle previsioni dell'una e dell'altra teoria. Ma gettisi l'acqua acidula, e si versi nel bicchierino una soluzione di idrosolfato di potassa o di soda, ed eccoti un'altra corrente in senso inverso della prima. Or qui l'effetto è manifestamente contrario al precedente, tuttochè nulla siasi cangiato alle condizioni del contatto metallico a cui nella teoria voltiana si riferisce l'azione elettromotrice. Ma tal contraddizione sparisce nella nuova teoria, insegnando la chimica che in questo caso della nuova soluzione, l'azione chimica tra il rame ed il liquido è maggiore di quella che ha luogo tra questo e lo zinco.

S'abbia ancora una coppia formata con acqua pura e zinco distillato e rame: poca o niuna sarà l'azione chimica: ma si versi una goccia d'acido solforico o nitrico, subito la corrente si stabilisce benchè debole come lo indica il galvanometro. Una seconda goccia d'acido la renderà più energica, una terza più ancora, e così via via fino al limite in cui l'aumento d'azione chimico-voltaica cessa.

Non è a dire come la stessa corrente così ingagliardita si infievolisca nuovamente per gradi, dilungando gradatamente la soluzione.

Tutto ciò è ben conforme alla teoria chimica, e fa vedere, come a una più forte azione corrisponda una maggior dose d'elettrico sviluppato. I sostenitori del-

l'altra dottrina van dichiarando il fenomeno dalla variata conduttricità, ma come spiegare la costante proporzionalità tra questa conduttricità e l'azione elettrolitica?

Ma ecco altri fatti. Fingasi la coppia formata d'oro e di platino immersi nell'acido nitrico; anche quivi niuna elettricità: ma se si versa una goccia d'acido idroclorico presso il filo d'oro, la corrente si sveglierà sensibilissima.

Si prepari una coppia di rame e d'argento, o di solo rame o di solo argento in una soluzione di protosolfuro potassico; e si vedrà la corrente alternare or in uno ora nell'altro senso, ma sempre in corrispondenza colle alternative dell'azione chimica.

In faccia a simili effetti, ed altri senza numero, di cui la sola influenza chimica può dar ragione, non è più possibile di rigettare questa causa attiva e reale, per sostituirvene un'altra puramente ipotetica.

Elettromotori.

469. Varie ed importanti sono le modificazioni arrecate alla primitiva pila a colonna. Volta inventò quella a *corona di tasse*, formata appunto di vasellini pieni d'una soluzione acida o salina, e di archi composti di due lastre saldate insieme di rame l'una, l'altra di zinco, sì fattamente immersivi, che lo zinco di un arco metallico e il rame dell'arco consecutivo peschino nel medesimo vaso, ma senza toccarsi.

470. *Pila di* Wollaston. La pila di Wollaston non

differisce sostanzialmente da quella a tasse, che per esser in questa la lastra zinco avviluppata dalla lastra rame, che è con essa immersa nel medesimo vaso.

Fondasi tal disposizione sul principio sperimentale, che l'elettricità passa più o men volentieri dal liquido in un metallo o viceversa, secondochè il metallo è più o meno attaccabile: però alla minore transmissibilità della corrente per la lamina negativa della coppia che è la meno intaccata, si supplisce con una maggiore ampiezza, e con ciò si ottiene, che una maggiore quantità d'elettrico è posta in circolazione.

471. *Pile a due liquidi.* Recentemente furono introdotte le pile a due liquidi. Se si immagini un bicchiere con entro un vaso cilindrico di maiolica porosa, questo pieno d'acido nitrico, quello d'acido solforico diluto, con una lamina di platino nel primo liquido, e una di zinco amalgamato nel secondo, si avrà una coppia dell'elettromotore di Growe. La condizione a cui soddisfar deve una tale costruzione della pila sta in ciò, che i due liquidi esercitano a traverso il diaframma poroso l'un sull'altro una azione, che cospiri con quella dell'ossidamento dello zinco a rinforzare la corrente: ora avviene infatti, che mentre una coppia ordinaria non scompone l'acqua, la coppia sopra descritta opera una tale scomposizione.

Bunsen mostrò come al platino poteasi sostituire il carbone convenevolmente preparato.

472. Del resto sulle relazioni tra gli effetti elettrici dell'elettromotore, e le dimensioni o condizioni attinenti alla sua costituzione, il principio delle resistenze, detto legge di Ohm, e l'altro sopradichiarato sull'indole e l'origine della forza elettromotrice, possono

bastare per sciogliere le diverse questioni, che si presentano nei varii casi.

Tradotta in termini generici può l'accennata legge esprimersi dicendo, che la quantità d'elettrico messo in circolazione nell'apparecchio voltaico è in ragion diretta della azione voltaelettrica totale e massima relativa alla natura dei metalli e del liquido eccitatore, e inversa della resistenza del circuito, cioè dell'elettromotore stesso, e dell'arco interpolare.

473. *Pila a gaz.* Due tubi con entro una soluzione d'acido solforico, in uno dell'ossigene, nell'altro dell'idrogene rattenuti sopra del liquido, formano coppia quando si uniscono per un arco metallico, usando due elettrodi di platino che peschino nei due liquidi. I due gaz diminuiscono, ma l'idrogene con doppia rapidità, perchè i due gaz si combinano per a traverso il liquido. Dov'è, dice Growe, dove è quivi la forza elettromotrice se non nella chimica azione? Lo stesso autore moltiplica le coppie e forma una vera pila, i cui effetti va connettendo a quelli che diconsi catalitici.

Effetti della corrente elettrica.

Gli effetti dell' elettricità dinamica sono: *chimici*, *fisici* e *fisiologici*.

474. *Effetti chimici.* Degli effetti chimici abbiam già ragionato: si è veduto, come in un circuito misto non circoli altrimenti l'elettrico, che per la scomposizione voltaelettrica o elettrolittica che succede sì nelle cop-

pie attive dell'apparecchio, sì nelle coppie passive contenenti le sostanze liquide assoggettate alla forza scomponente della corrente.

475. *Effetti fisici.* Fra gli effetti fisici si hanno 1.° Gli effetti *calorifici* e *luminosi.* 2.° Gli effetti *magnetici.* 3.° Gli effetti *elettrodinamici.*

Una pila alla Growe di pochi elementi basta a riprodurre il bello esperimento di Davy del carbone reso incandescente nel vacuo o nell'aria, dalla elettrica corrente: dirigendo la corrente tra due punte di carbone distillato che si riguardano, queste fatte subito ignite mandano una luce di stella, e simile alla luce stessa solare, ove si operi con forti pile. È la più bella luce e il più forte calore che coll'arte si giunga a produrre. Si sperimentò recentemente sull'utilità che vi avrebbe di applicarle all'illuminamento.

Si può anche sperimentare sopra un filo di platino, che acquista un'altissima temperatura, e diventa ignescente.

476. In generale può dirsi che a svolgere calore colla corrente, è necessario, che questa soffra contrasto nel suo passaggio. Ed infatti un tal passaggio è d'ordinario segnato da un elevamento di temperatura, che cresce fino a produrre gli effetti di conflagrazione sopra rimarcati col crescere delle resistenze: ma donde viene, e innanzi tutto come spiegare la singolare eccezione che presentasi quando la corrente passando a traverso due metalli saldati, come il bismuto e l'antimonio, produce freddo se dal primo metallo è diretta al secondo, e viceversa se dal secondo va al primo. Di questa come di altre particolarità ed eccezioni apparenti che presenta lo studio degli im-

ponderabili convien far gran conto, se si vuol giungere alla cognizione dell'indole loro, e delle leggi che li governano. Certo è, che i fenomeni termici prodotti dall'elettrico, devono collegarsi coi fenomeni elettrici prodotti dal calorico, de' quali parleremo fra poco.

Degli altri effetti fisici della corrente tratteremo altrove.

477. *Effetti fisiologici.* Sugli effetti fisiologici della corrente non è propriamente nostro istituto di ragionare. Può dirsi, che finora sono assai scarse le nozioni positive che si posseggono sull'azione e sull'efficacia dell'elettricità sotto qualsiasi forma adoperata, e applicata a modificare in certi casi e in certe malattie, specialmente nervose, l'azione degli altri agenti nella economia della vitalità.

Elettricità sviluppata dal calorico.

478. Uno squilibrio di temperatura cagiona in generale nei corpi uno squilibrio d'elettrico, che svolgesi ora allo stato di tensione nei corpi poco conduttori come i cristalli, ora allo stato dinamico come nei metalli.

479. *Elettricità nei cristalli.* Lemeri fu il primo a scoprire che la tormalina riscaldata attira i corpi leggieri. Riscaldandosi gradatamente questo cristallo si elettrizza, cessa d'essere elettrico a temperatura stazionaria, e si elettrizza di nuovo, ma contrariamente, raffreddandosi. Or questo duplice elettrizzamento importa necessariamente, come può prevedersi lo sviluppo delle due elettricità, la positiva manifestandosi

infatti a una estremità del cristallo, la negativa all'altra. Quindi i due elettrizzamenti consistono in una specie di polarità contratta che si inverte passando dal riscaldamento al raffreddamento: però operando con due tormaline posson prodursi fenomeni di attrazione e repulsione, analoghi a quelli di due aghi calamitati.

480. Ma di questo e d'altri fenomeni, e delle particolarità che presentano, poco può dirsi di ben preciso, sapendo noi benissimo congetturare, come ad un turbamento che avvenga nell' equilibrio delle forze molecolari, possano e debbano squilibrarsi pure gl' imponderabili che stanziano allo stato latente nelle masse corporee, e che intervengono senz'altro nello esercizio di quelle forze medesime; ma non sappiamo ancora, nello stato attuale della scienza, definire in che consistano siffatti squilibrii, non essendoci veramente note le relazioni che passano tra la materia ponderabile e imponderabile.

L'elettrizzarsi dei cristalli va senza dubbio connesso all'allontanamento delle molecole similari, e però all'elettrico che acquistano le lamine dei cristalli nello sfogliargli: e non è straniero un tal fenomeno alla luce che nella cristallizzazione si manifesta, nè al calore che si sviluppa in certe mutazioni o metamorfosi, che per allotropia e dimorfismo subiscono certi corpi; nè infine ai cangiamenti di calore specifico che le accompagnano.

481. *Correnti termo-elettriche.* Dobbiamo a SECBECK l'importante scoperta delle correnti elettriche nei circuiti metallici, svolte per uno squilibrio di temperatura. A provarlo basta unire ai fili del galvanometro un filo di platino o d'altro metallo. Se questo filo sia assai

lungo e se ne accosti il mezzo alla fiamma d'una lampada a spirito, tenendolo disteso, non si hanno segni elettrici: ma se la parte riscaldata sia vicina a uno dei nodi che lo uniscono al rame, si ha subito una corrente che devia il galvanometro, e va dal platino al rame. Basterà ad eccitare una corrente, non lasciar disteso il filo di platino e aggrupparlo in un certo punto, perchè scaldandolo in vicinanza di quello s'abbia una corrente diretta dal filo riscaldato al nodo.

482. In generale accostando un filo caldo ad uno freddo dello stesso metallo, la corrente va dal primo al secondo, cioè nel senso in cui si propaga il calore. Il bismuto presenta un fenomeno inverso, ed il ferro, lo zinco, ed il rame, danno luogo ad anomalie, che dipendono dal loro ossidamento, e pel ferro dalla diversa temperatura eziandio.

483. L'azione termoelettrica è più potente, allorchè si usano metalli eterogenei. Così basterà in un circuito formato di due metalli, che le saldature abbiano una diversa temperatura, perchè si abbia in esso una corrente elettrica. Si è trovato, che nella serie dei seguenti metalli *bismuto, platino, piombo, stagno, rame, oro, argento, zinco, ferro, antimonio*, la corrente traversa la saldatura più calda passando da un qualunque dei metalli che vi sono compresi a quelli che gli vengon dopo.

484. *Pile termo-elettriche.* Conosciuto il fatto generale, che uno squilibrio di temperatura in un circuito metallico accompagnato da una ineguale o non simmetrica propagazione di calorico, come quella che si verifica alla superficie di congiungimento di due metalli,

dà luogo alla produzione di una corrente, fu facile il concetto della pila termo-elettrica.

Nella sua forma ordinaria questo strumento è costrutto di piccoli parallelopipedi di bismuto e antimonio, che si saldano alternativamente insieme in modo da formarne un fascio prismatico o circolare. È facile di vedere, come messo siffatto apparecchio in relazione col galvanometro, una influenza calorifica qualunque che venga ad agire sopra una delle sue faccie, ossia sulla metà delle saldature che vi corrispondono, darà effetti elettrici, che in certa guisa si sommeranno. In realtà ne risulta una corrente, che se non rappresenta la somma delle azioni elettromotrici, diventa tuttavia, col moltiplicarsi di queste, più valida a vincere le resistenze che può presentare il circuito.

485. Ciò non ostante la corrente termo-elettrica è sempre pochissimo atta a traversare i liquidi, epperò a scomporli; e non è che con una pila di 120 elementi di ferro e platino, che potei operare la scomposizione dell'acqua or son dieci anni: effetto che poscia ottenni pure con una pila di bismuto e antimonio: l'acciaio ne rimaneva magnetizzato.

486. Suolsi attribuire alla conduttricità della pila la debole forza scomponente della elettricità termica, e alla facilità con cui vi si ricompongono o neutralizzano i due principii elettrici appena separati: ma in realtà quivi, come nella pila voltaica, l'elettrico che il galvanometro non accusa, non può dirsi svolto, finchè non si assegni un effetto che lo rappresenti.

487. Del resto i fenomeni piro-elettrici toccano alle più astruse dottrine della fisica molecolare. Congiunti

questi fenomeni a quelli già riferiti sul calore sviluppato dalla elettrica corrente, sembrano condurci a considerare le molecole integranti dei corpi come rivestite di due principii elettrici, che nell' aggregamento delle medesime si neutralizzano. Turbato un tale aggregamento, le elettricità lo son pure; indi il trasformarsi d'un cristallo in una specie di pila isolata quando si riscalda o raffredda: indi l'apparizione della elettrica corrente in una massa conduttrice formante circuito. La differenza dei due fenomeni, e dei due stati elettrici non è che accidentale: sappiamo infatti come Colladon abbia mostrato potersi la elettricità statica convenientemente raccolta e diretta ridurre a corrente.

Le stesse congetture teoriche s'applicano alla elettricità che si svolge in que' casi moltiplici, in cui rimane alterato o turbato l'esercizio delle forze molecolari; ed è rimarchevole, come le cause stesse che allora sviluppano elettrico, svolgano insieme il calorico: ciò vediamo avverarsi nei fenomeni capillari, nello strofinìo, nella compressione dei corpi ecc.

488. *Elettricità delle macchine a vapore.* Fra i casi di forte sviluppo elettrico che la storia della scienza ci presenta, rimarchevole è quello osservato da Armstrong, per cui una caldaia di macchina a vapore trasformasi come in una potente macchina elettrica, quando il vapore ivi fortemente compresso è lasciato spicciar fuori con impeto nell'aria atmosferica. Talf enomeno si complica quivi dall'azione chimica della caldaia, dall'azione termo-elettrica, dalla vaporazione accompagnata da chimica separazione di elementi, e dall'azione qualunque siasi fisica o meccanica, che

accompagna il subito espandersi del vapore, e il comprimersi dell'aria atmosferica circostante.

Elettricità animale.

489. A compiere il novero delle sorgenti elettriche, dobbiam far cenno della elettricità animale; mentre riserviamo ai capitoli seguenti ciò che appartiene all'elettricità messa in moto dalla potenza magnetica.

Si sa che la torpedine, il siluro, il ginnoto, hanno la singolar facoltà di dare la scarica elettrica, facoltà di cui si valgono a lor pro o difesa contro gli altri animali. Basta toccar colla mano in due parti non simmetriche del di lei corpo una torpedine, per averne l'elettrica commozione, semprecchè l'animale lo voglia, o vi sia indotto in quell'atto.

490. Il Prof. Linari pose fuor di dubbio il fatto della scintilla tratta da questo animale, mostrando come potea ottenersi a beneplacito. Or questa elettricità animale agisce sul galvanometro, e basta a vederlo per la torpedine su due piatti metallici comunicanti colla spirale galvanometrica: se una persona fa parte del circuito, vedrà ad ogni scossa che sente, deviare l'ago calamitato. Introdottovi un apparecchio di scomposizione, gli effetti chimici non tardano a manifestarsi: una sbarra d'acciaio ne rimane calamitata.

491. Oscuro è affatto il magistero con cui si esercita la funzione elettrica in questi generi di animali, e qual modificazione l'accompagni negli organi che la esercitano, comecchè l'anatomica cognizione di questi organi sia già molto avanzata.

492. Si ripigliò in questi ultimi tempi dai Fisici la questione di una corrente *propria* nel corpo vivente, anche fuori dei sopra riferiti casi di funzioni e di organi elettrici speciali. Su tal quistione sta all'esperienza il pronunciare. Al postutto, presentasi la medesima sotto aspetti diversi, ed è sotto questi diversi aspetti che dovrà studiarsi e decidersi.

CAPO VI.

MAGNETISMO.

493. *Fenomeni generali.* È il magnete ossia calamita una specie di minerale (ossido magnetico di ferro), distinto dagli altri per la singolar facoltà di attrarre i corpi magnetici, che sono il ferro, il niccolo, ed il cobalto, coi loro composti. Siffatta attrazione si esercita in ogni direzione con energia reciproca al quadrato della distanza, e a traverso le diverse sostanze.

494. Consta ciascun magnete per lo più di due sole parti attrattive, divise da una linea media o neutra. Insensibile quivi la loro virtù attraente va crescendo progressivamente, e divien massima verso due punti prossimi alle estremità, che per la loro tendenza a rivolgersi ai poli della terra furono detti poli *boreale* ed *australe*.

495. Due calamite si attraggono per i poli di contrario nome, e si repellono per i poli omonimi. Anche la energia di tale azione attrattiva o repulsiva *sta nell'inversa dei quadrati delle distanze.*

496. Tagliando una calamita in due parti, queste diventano pure due calamite, dotate di due poli contrarii. Lo stesso arriva dividendo e suddividendo coteste parti.

497. *Antiche ipotesi sul magnetismo.* Questi ed altri fatti diedero origine a due ipotesi diverse, analoghe a quelle relative alla elettricità, or di un solo or di due fluidi magnetici. Epino parteggiò per la prima: Coulomb sostenne e illustrò la seconda con molte esperienze importanti.

Però in questa seconda ipotesi si supporrebbe godere i due fluidi magnetici delle stesse qualità attrattive, repulsive, induttive, proprie delle due elettricità; ma operarsi soltanto la separazione o riunione di questi fluidi per intervalli insensibili negli elementi *magnetici* dei corpi che li contengono, come lo indica appunto la sopra riportata rimarca, che le parti e i singoli frantumi di un magnete si comportano come altrettanti magneti.

498. Si supporrebbe inoltre nei corpi che sono o possono divenire magneti un *poter coercitivo,* di cui non godrebbero i corpi semplicemente magnetici, capace di opporsi più o meno efficacemente come alla separazione così alla riunione dei due fluidi accennati.

Così il ferro sotto l'influenza di una calamita si magnetizza, posciachè il polo che gli è più prossimo attira il fluido di contrario nome, e respinge l'omonimo; ma appena allontanati l'un dall'altro il magnete e il ferro, questo torna allo stato suo naturale, come un conduttore tolto all'influenza di un corpo elettrizzato.

Non così l'acciaio, perocchè anch'esso prova l'ef-

fetto induttivo, ma assai meno energico, e per ciò stesso più stabile, sicchè diventa per induzione un vero magnete. Su tal principio è fondata la magnetizzazione artificiale.

499. *Magnetizzazione artificiale.* Fra i metodi di magnetizzare si conoscono quello del *semplice* e del *doppio contatto*, e quello del *contatto separato*.

Il primo metodo consiste nel far strisciare replicatamente e nello stesso verso un polo d'una sbarra calamitata sulle due faccie di quella da calamitarsi. Il metodo del doppio contatto si riduce a far strisciare sopra la sbarra che vuolsi magnetizzare dall' una all'altra estremità, e da questa a quella, i poli opposti di due forti magneti. Il terzo metodo infine consiste in fare scorrere ripetutamente e in senso opposto i poli contrarii delle sbarre magnetizzanti dal mezzo di quella che si magnetizza verso la sua estremità, tenendole inversamente inclinate per 15 gradi circa sulla sbarra anzidetta, e ripetendo l'operazione sulle due faccie della medesima.

L' effetto è reso più forte, e l'operazione si abbrevia, ponendo le estremità della sbarra da calamitarsi fra due altre calamite, i cui poli cospirino coll'azione delle sbarre magnetizzanti, o semplicemente fra due sbarre di ferro dolce, il cui ufficio risulta analogo a quello della seconda armatura di una boccia di Leida. Queste si magnetizzano per influenza, e il loro magnetismo accidentale reagisce a vicenda su quello della calamita artificiale, e lo rinforza.

L' armatura di ferro dolce di cui si muniscono i magneti è un' altra applicazione di un tal principio. Havvi infine un altro modo di magnetizzare col mezzo

dell' elettricità, del quale ragioneremo nella storia dell'elettromagnetismo.

500. *Polarità.* Una proprietà singolare ed importantissima dei magneti è quella già sopra avvertita dell'azione che esercita su di essi la terra, a guisa di un grande magnete.

Sospeso ad un filo (*fig.* 70) o reso mobile sopra un perno posto al centro di un cerchio graduato un ago calamitato, i suoi poli si dirigono spontaneamente verso quelli della terra, l'uno, cioè il boreale al nord, e l'australe al sud. È detto ago o bussola di *declinazione*, perchè generalmente declina ora a ponente ora a levante, sicchè il piano verticale tratto per i suoi poli, detto *meridiano magnetico,* non coincide col meridiano *astronomico,* ma fa un angolo detto di declinazione *orientale* od *occidentale.*

Se poi sia reso mobile verticalmente e collocato nel meridiano magnetico, si inclina or più or meno all'orizzonte, e prende il nome di *ago inclinatorio.* A Torino l'*inclinazione* è attualmente di 64°, 3′, 41″, e la declinazione di 18°, 2′, 55″.

501. Varia in generale la declinazione passando da un luogo ad un altro; ma vi sono alcune linee di posizione non fissa sul globo dette di *declinazione nulla,* dove il meridiano magnetico coincide coll'astronomico.

In quanto all'inclinazione ecco ciò che si osserva. Procedendo dall' equatore ai poli, l'ago si va gradatamente inclinando verso il polo più prossimo con legge tale, che ridurrebbesi verticale in certi punti poco distanti dal polo stesso, che furon detti poli *magnetici.*

Che se dai poli magnetici si retrocede verso l'e-

quatore, l'inclinazione diminuisce, e diviene nulla nei punti appartenenti ad una curva che serpeggia intorno all'equatore medesimo, detta *equatore magnetico*. Questa curva come le linee senza declinazione sono dotate di un moto di traslocazione secolare dall'est all'ovest, accompagnato da cangiamento di forma.

Oltre gli accennati fenomeni, presentano ancora l'inclinazione e la declinazione col variare de' secoli, degli anni e dei giorni, delle variazioni dette secolari, annue e diurne, con altre accidentali *perturbazioni* prodotte da cause del pari accidentali, quali sarebbero un tremuoto, una aurora boreale o altro straordinario disordine terrestre o atmosferico.

502. *Intensità magnetica*. Anche la intensità della forza magnetica o *direttrice* della terra, calcolata con diversi metodi statici e dinamici, varia sui varii punti del globo, crescendo in generale colla latitudine tra i limiti 1 e 2,6. Presa per unità l'intensità del nodo peruviano (punto d'incontro d'una linea senza declinazione coll'equatore magnetico) osservata dal signor De-Humboldt nel suo viaggio in America, l'intensità magnetica a Parigi sarebbe 1,348, a Gottinga 1,357, a Milano 1,294, a Torino 1,322.

Diconsi curve *isodinamiche* quelle in cui la intensità magnetica della terra è la stessa: è osservabile che, secondo il sig. Duperrey, queste curve abbiano forme analoghe a quelle delle isotermiche, cioè di quelle che hanno la stessa temperatura media. Ciò dimostra, come le variazioni d'intensità si colleghino a quelle della temperatura: alla quale congettura condurrebbe pure naturalmente l'osservazione del periodo diurno dell'ago calamitato.

503. Or mentre la osservazione delle variazioni magnetiche connettesi a molte quistioni importanti di fisica generale, le irregolarità a cui vanno soggette rendono assai meno proficuo di quello che esser potrebbe per la navigazione e la geodesia la polarità della calamita, e l'uso della bussola *nautica* e *terrestre*.

A ciò si aggiunga l' influenza perturbatrice delle masse magnetiche vicine, circostanza d' alto rilievo sopra le navi, e che diè luogo a varii mezzi di correzione o *compensazione*. Tali mezzi si fondano su ciò, che un disco di ferro convenientemente disposto può annullare o neutralizzare l'effetto che sull'ago esercitano le ferraglie della nave.

CAPO VII.

ELETTRO-MAGNETISMO.

*Teoria d'*Ampère.

504. Sotto questo titolo comprenderemo le principali nozioni riguardanti la nuova Teoria fondata da Ampère, in cui la facoltà magnetica è considerata come di origine elettrica.

I due primi fatti che servirono di tema alle specolazioni di quel filosofo furono 1.° la deviazione che soffre l'ago calamitato sotto l' influsso della corrente elettrica, fenomeno promulgato da Oersted nel 1819. 2.° L'azione reciproca poco dopo scoperta dallo stesso Ampère, che le correnti elettriche esercitano fra di loro.

A richiamare questi fatti ad una stessa cagione era di mestieri stabilire anzi tutto la legge, con cui agiscono fra di loro due elementi di corrente voltaica, affine di rilevare da quest' azione elementare quella delle correnti medesime coi metodi conosciuti della meccanica razionale. Quindi bisognava investigare per qual sistema o complesso di elettriche correnti si avrebbe potuto rappresentare un magnete, affinchè applicato a tal sistema il calcolo fondato sulla legge anzidetta, si riuscisse a' risultamenti che consuonassero con quelli raccolti dalla osservazione.

505. Or tutto questo conseguì Ampère, prima ancora che tutti i fenomeni, dai quali la sua Teoria dovea venir confermata, fossero conosciuti.

Ecco i primi dati sperimentali, che gli somministrarono la espressione generale dell'azione reciproca di due elementi di corrente.

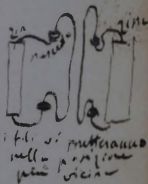
1.° Due correnti parallele si attirano o si repellono secondo che corrono nel medesimo senso, o in senso contrario.

2.° L'attrazione è eguale alla repulsione.

3.° Due correnti inclinate s'attraggono se si accostano o se si allontanano entrambe dal vertice dell'angolo che segna la loro inclinazione, e si repellono se mentre una delle due correnti si avvicina a quel vertice, l'altra se ne allontana.

4.° L'azione di due correnti, una delle quali non si scosti dall'altra che per sinuosità piccolissime, seguendone del resto il generale andamento, risulta identica.

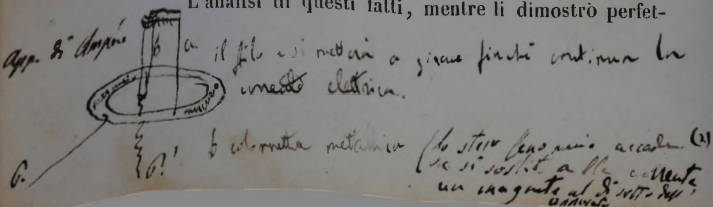
L' osservazione di altri modi di azione e di equilibrio tra due correnti, somministrò poscia al sagacissimo Ampère il mezzo di determinare numerica-

mente i coefficienti della formola, con cui potè infine rappresentare l'azione generale di due porzioni piccolissime di due correnti, e quinci calcolar l'azione delle correnti medesime, siccome si proponeva.

506. Fondata così su salde basi la teoria elettrodinamica, si volse quel valente fisico e matematico insieme a dimostrare, come poteasi un magnete qualunque assomigliare ad un sistema di correnti elettriche circolanti regolarmente intorno ai singoli elementi magnetici, e ciascuno di questi elementi come un complesso di correnti circolari coi loro centri sopra una data linea, e in piani perpendicolari a questa linea medesima. Ampère chiamò un tal complesso di correnti *solenoide elettrodinamico.*

E di vero, applicata la formola Amperiana a calcolare l'azione di una corrente sopra di un solenoide, trovasi questa identica a quella che per via sperimentale e diretta si può rintracciare e verificare; e tali al postutto riescono i risultamenti di tale applicazione, da rispondere insieme e ai fatti osservabili, e alle esigenze della teoria.

507. Un fatto che venne a confermare solennemente e a provare perentoriamente la preminenza delle deduzioni di Ampère, sull' indole come sulle varie particolarità della forza elettro-magnetica, è quello scoperto da Faraday della rotazione continua di un filo conduttore mobile intorno al polo di una calamita, non che l' altro ottenuto poscia, anzi preveduto da Ampère medesimo, della rotazione pur continua prodotta da una corrente sotto certe condizioni determinate, di una calamita intorno al suo asse magnetico.

L'analisi di questi fatti, mentre li dimostrò perfet-

tamente consentanei alla teoria elettrodinamica, fece vedere come le altre spiegazioni che si tentò darne, fondandole sull'antica dottrina di Coulomb, cioè sulla idea di due fluidi imprigionati ed immobili negli elementi magnetici, siano o in contraddizione coi principii da cui si vorrebbero derivare, o in contraddizione coi fatti, o infine in contraddizione colle leggi fondamentali della meccanica, e segnatamente con quella per cui l'azione e la reazione, mentre sono eguali ed opposte, coincider devono in una medesima retta.

508. E di vero il manifestarsi di forze trasversali nelle azioni elettrodinamiche avea fatto adottar da taluno la strana idea *della coppia primitiva*, della esistenza cioè di azioni e reazioni parallele bensì ma non coincidenti, e Biot stesso incorse implicitamente in tale supposto, quando attribuì la rotazione della calamita intorno al suo asse alla porzion di corrente invariabilmente connessa al sistema mobile.

Ora oltrecchè la coppia primitiva è un nuovo genere di azione, che non ha esempio nell'universalità dei fenomeni che presenta il mondo corporeo, nè anco considerata come secondaria potrebbe tale maniera di azione dedursi, nè dai principii di Coulomb, nè dall'assomigliar la corrente, come fece Biot, a un sistema di aghi calamitati infinitamente piccoli, nè dall'ipotesi stessa dei fluidi in movimento, se vuolsi statuire, che gli atomi elettrici non agiscono, che per forze dipendenti dalle loro distanze, e nella direzione delle linee che li congiungono.

(2) La condizione della rotazione del magnete è condizionata a che la corrente elettrica agisca sopra [illegible] polo del magnete

509. Una classe di fenomeni in cui la teoria di Ampère può come riassumersi, ed attissima soprattutto a darne una idea, è quella delle azioni reciproche dei cilindri elettrodinamici e dei magneti, e della forza direttrice che su questi come su quelli esercita il globo.

Si sospende e si rende orizzontalmente mobile un filo conduttore avvoltato a spirale cilindrica come attorno a una canna, o ad un tubo di cartone, facendone pescare le due punte estreme M N (*fig.* 75) in due vasellini pieni di mercurio. Messi questi in relazione coi reofori di una pila voltaica, vedesi tosto la spirale mobile o cilindro elettrodinamico dirigersi spontaneamente al par d'un ago calamitato nel meridiano magnetico, dove si colloca in equilibrio stabile dopo alcuni oscillamenti più o meno lenti in modo, che la corrente vi circola da sinistra a destra come la lancetta d' un oriuolo pel riguardante rivolto al nord.

Se reso fisso il cilindro s' invertano le comunicazioni, sicchè la corrente percorra la spirale in senso contrario al primo, eccoti il cilindro rigirarsi come farebbe un ago di cui si invertissero i poli.

Prendasi ora un altro cilindro elettrodinamico simile, o prendasi invece una sbarra calamitata, e quello o questa facciansi agire sul cilindro mobile come suolsi fare per due aghi calamitati, e si avranno analoghi fenomeni di attrazione e repulsione, mostrandosi i due cilindri elettrodinamici come quelli dotati di poli contrarii ed omologhi, ossia che agiscano fra di loro, o sopra di una calamita.

L' analisi e la spiegazione di questi fenomeni può facilmente dedursi dai sopra stabiliti principii (§ 505) relativi alla mutua azione delle correnti, e per ciò che ha tratto all' azione direttrice del globo, si può riconoscere come sarebbe questa una conseguenza dei principii medesimi, ammettendo la esistenza di correnti elettriche parallele all'equatore magnetico, concentriche al globo, e dirette da oriente verso occidente.

510. E di vero, ridotto il cilindro elettrodinamico a un complesso di conduttori circolari, e ciascuno di questi scomposto in elementi verticali ed orizzontali che corrisponderebbero insomma a un conduttore quadrato, salta subito agli occhi, come, le due porzioni di corrente corrispondenti a due lati opposti di tal quadrato essendo pure opposte fra loro, debba la porzione che in un dei due lati verticali è discendente, risultare attratta dalle correnti terrestri orientali, e repulsa invece dalle occidentali, contrariamente a ciò che succede per la porzione ascendente nell'altro lato. E siccome per altra parte le porzioni orizzontali similmente opposte soffrono azioni che si elidono intorno all'asse di sospensione, così si scorge di leggeri, che il conduttore quadrato, come il circolare che rappresenta, come il cilindro elettrodinamico, il quale non è che un complesso di simili conduttori, non possano trovare posizione stabile di equilibrio, se non che collocandosi, come appunto l'esperienza mostra succedere, col volgere cioè le porzioni di corrente che discendono verso oriente, e verso occidente le porzioni che ascendono.

511. Alle soprariferite analogie, che sembrano tutte con-

formi alle idee di Ampère sulla costituzione dei magneti e sull' origine del magnetismo terrestre, dobbiamo aggiungere, che l'azione del globo può in generale sostituirsi a quella di un magnete nei moti di rotazione continua, che questo produce di un conduttore mobile ; e dar luogo a fenomeni analoghi.

Per converso lo stesso Ampère fece vedere, come nel fenomeno di moto rotatorio che Arago avea già scoperto prodotto in un magnete sospeso sotto l'influenza di un disco, potevasi al magnete sostituire un cilindro elettrodinamico, e riuscire ad analoghi risultamenti.

512. Ma onde l'origine di siffatte correnti nelle viscere della terra? Qualunque siano le idee dei geologi sulla costituzione di essa, non è difficile il concepire, come nel di lei seno debbano aver luogo potentissime ed estesissime azioni e reazioni fisiche e chimiche, e come queste possano divenir cagione di uno stato elettrodinamico, in cui risiederebbe la facoltà magnetica.

Quale poi sia veramente un tale stato elettrodinamico, la cui azione risultante rappresentata sarebbe dalle anzidette correnti equatoriali, e quali relazioni abbiano le particolarità di questo grandioso fenomeno non che colla struttura del globo, colle condizioni cosmiche a cui è soggetto, son tutte quistioni di fisica terrestre, sulle quali una lunga osservazione e profondi pensamenti potranno forse un giorno chiarirci.

Or vediamo come gli altri fatti attinenti alla storia dell'elettricità e del magnetismo vengano naturalmente a schierarsi in un medesimo ordine di fenomeni, e come tutti ricevano lume grandissimo dall' ipotesi

amperiana, se pur questa non valse ancora a dar di tutti, e di tutte le loro particolarità completa spiegazione.

Induzione elettro-magnetica e magneto-elettrica.

513. *Elettromagneti.* ARAGO scoprì, che un filo conduttore attrae la limatura di ferro, magnetizza stabilmente l'acciaio, accidentalmente il ferro dolce.

Basta collocare un ago dentro una spirale elettrodinamica, perchè all'istante si cangi in calamita, i cui poli hanno una posizione dipendente dal verso per cui la corrente si dirige nell'elica, sicchè invertendo questa, s'invertono i poli.

Un ferro dolce a forma di ferro da cavallo acquista un magnetismo potentissimo, e a parità di circostanze proporzionale alla intensità galvanometrica della corrente che lo circonda.

514. Affine di determinare direttamente i rapporti tra questi effetti e l'azione elettrolitica, posi una pila in relazione con un voltaimetro, con un magnete temporario e col galvanometro, ed ebbi per dimostrato, che i tre effetti *magnetico, galvanometrico, elettrolittico* erano equivalenti, o proporzionali.

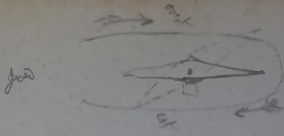
515. Or ben considerati cotesti effetti, mostrerebbero da se soli le strette relazioni che esister devono tra lo elettrico ed il magnetico, più assai di quanto prima si conosceva su tali relazioni. Giacchè eran noti benissimo gli effetti magnetici del fulmine, e della scarica elettrica atta anch'essa a distruggere, come a far nascere, o ad invertire i poli nelle sostanze magne-

tiche o magnetizzate, ma quali allora poteano prodursi e studiarsi non doveano fruttare gran fatto idee positive sulle fisiche loro cagioni, e molto meno sulle leggi che li governano.

516. Al contrario nell'ipotesi di uno stato elettrodinamico ravvisato come causa della facoltà magnetica, tutti i sopra riferiti effetti della elettricità si traducono in una attitudine che avrebbero le elettriche correnti, o a indurne delle altre permanenti o accidentali nei corpi magnetici, ovvero a regolarizzarle nei loro elementi e a dirigerle, come si conviene, perchè tali corpi risultino assimilabili ad altrettanti cilindri elettrodinamici, o in altri termini perchè acquistino dei poli magnetici. Vero è che sul scegliere tra queste due maniere di ravvisare l'induzione elettromagnetica, la scienza è ancora muta, e non è questa la sola delle lacune che lascia la teoria di cui ragioniamo: ma è da credere che nuovi fatti e nuovi studii le faranno un giorno sparire.

517. L'immensa forza che acquistar possono i magneti temporarii aveva or sono parecchi anni in me e in altri svegliata l' idea di trasformarla in motore meccanico: in varie parti d' Europa e d'America si va coltivando cotesta idea, e può dirsi che malgrado le difficoltà che presenta l'applicazione di questa novella forza, non sono deboli i motivi che fanno sperare di vederla introdotta nella meccanica industriale.

518. *Correnti magneto-elettriche.* Faraday completò per dir così ciò che la parte sperimentale della scienza lasciava a desiderare intorno alle analogie possibili tra l'elettricità e il magnetismo, quando scoprì, che come l'elettrico svolge il magnetismo, così il magne-

tismo è atto a svolger l'elettrico, ora allo stato di tensione, ora allo stato dinamico, se il conduttore che soffre l'induzione formi circuito.

Basta introdurre una calamita dentro un'elica conduttrice posta in relazione col galvanometro, perchè l'ago galvanometrico accusi la presenza di una corrente eccitata in quell'atto stesso.

519. Un tal fatto è compreso in quest' altro generalissimo, che, cioè, un magnete scompone e squilibra l'elettricità latente in un corpo posto sotto la di lui influenza, quando quello o questo od entrambi sono in movimento, o quando il magnetismo stesso apparisce o scompare nei corpi atti a riceverlo.

Appena una tale scoperta fu annunciata, lo sperimento fu ritentato da molti onde ottenere la scintilla elettro-magnetica solamente traveduta da FARADAY nei suoi tentativi.

520. Ma importava conoscere l'attitudine dell'elettrico a scomporre i liquidi onde definire l'indole della induzione, e quella dell'elettrico indutto. Tale effetto fu da me conseguito ed ottenuto in quel torno stesso, che PIXY l'otteneva in Parigi, nella scomposizione dell'acqua.

Gli apparecchi di cui ci servimmo allora furono le prime macchine magneto-elettriche modificate poscia in più guise dai Fisici.

Una comoda disposizione è quella, in cui si fa girare un ferro dolce (*fig.* 95) intorno ai poli di una forte calamita in modo che ad ogni semi-rivoluzione i poli di questa corrispondano agli estremi dell'altro. Nell'apparecchio di CLARK si ottiene un maggiore avvicinamento dei poli, disponendo ad angolo retto il magnete artificiale e il temporario.

521. Poco dopo ottenuta la scomposizione dell' acqua colle correnti magneto-elettriche, l'ottenni pure sensibilissima con quelle indutte dal magnetismo terrestre, mercè di due spranghe di ferro dolce munite di elica messe in girazione nel meridiano magnetico fra due spranghe fisse, e usando elettrodi di ferro. I signori Palmieri e Santi-Linari giunsero recentemente a risultamenti analoghi: il loro apparecchio dava scosse simili a quelle dell'apparecchio di Clark.

Correnti d'induzione secondarie.

522. *Induzione volta-elettrica.* Nella classe dei fenomeni attinenti alla teoria elettromagnetica ed elettrodinamica viene a collocarsi questo bel fatto scoperto da Faraday, che una corrente voltaica ne può indurre un'altra (*extracorrente*) in un conduttore vicino, in contraria o identica direzione, quando e secondochè nasce o sparisce, o soltanto cresce o diminuisce, ovvero il filo in cui circola la corrente induttrice, s'accosta o s'allontana da quello che soffre l'induzione.

Così accostando od allontanando due conduttori rettilinei in un de' quali scorra la corrente voltaica, mentre l'altro comunica al galvanometro e forma un altro circuito, s'eccitano in questi due correnti contrarie fra loro, la prima delle quali data dall'avvicinamento dei due conduttori risulta opposta alla corrente induttrice.

523. Ma ecco un fatto anche più singolare osservato dal citato fisico, ed è, che nello stesso filo conduttore della corrente, al momento in cui s'interrompe o si stabilisce il circuito, s'ingenera un'altra corrente, che va nel primo caso a seconda di quella, e contraria nel secondo caso.

Che se una bella porzione del filo conduttore si ravvolga in elica a spire serrate, l'effetto diventa immensamente più energico, come se le spire vicinissime l'una all'altra esercitassero l'una sull'altra una influenza che moltiplicasse le induzioni. Ed in vero si ha allora una energica scintilla nell'atto dell'interruzione, ed una debole nell'atto in cui si ristabilisce il circuito, perchè in questo secondo caso la corrente indotta non è più nel senso della corrente induttrice, ma contraria. Anche la energia relativa delle commozioni corrisponde ad una tal differenza di effetti elettrici.

Vuolsi ora vedere come il soprarimarcato aumento di energia nel caso d'interruzione risponda ad una secondaria corrente indotta nel filo stesso che conduce la corrente primaria? Non si ha che da formare uno spirale di due fili anzichè di un solo, un dei quali faccia parte del circuito e l'altro comunichi col galvanometro: e si trova che in tal caso non si ottiene nè aumento di scintilla nè di commozione, interrompendo il circuito, e invece si ottiene, se il secondo filo cessi di formare esso stesso circuito.

524. *Doppia induzione.* Ienkins rinforzò ancora gli effetti d'induzione soprariferiti, introducendo nella spirale un cilindro di ferro dolce, il quale nell'atto in cui il circuito è interrotto, aggiunge la sua azione induttiva a quella del filo. È in cotal guisa, che il Cav. Antinori trasse la scintilla dalla corrente termo-elettrica.

Gli effetti stessi possono divenire strepitosi usando della spirale secondaria, che avviluppi un cilindro elettrodinamico con entro un ferro dolce, destinato a

divenir magnete temporario. Spinta la corrente nel cilindro anzidetto, il ferro dolce acquista un forte magnetismo, che sparisce nell'atto dell'interruzione del circuito colla corrente induttrice.

Tal duplice disparizione dà luogo ad una duplice corrente nella spirale secondaria tanto più energica, quanto più intensi sono il magnetismo e la corrente magnetizzante.

525. *Corrente indutta della boccia di Leida.* Anche la scarica d'una boccia di Leida induce una corrente secondaria, quando i due circuiti inducente e indutto sono costituiti da due spirali vicine. Le due correnti sono dirette nello stesso senso, se un dei circuiti essendo chiuso, l'altro è interrotto in modo da dar la scintilla. Se ambedue i circuiti sono chiusi o interrotti, la corrente indutta è contraria all'inducente. Questi fatti furono stabiliti dal Matteucci.

Ipotesi sul magnetismo terrestre.

526. Gilbert fu il primo, che assomigliò il globo ad un gran magnete, i cui poli collocava egli presso i poli terrestri, e quell'ipotesi si mantenne fino a questi ultimi tempi. Ma quando furono studiate le leggi delle deviazioni dell'ago magnetico alle varie latitudini, si riconobbe di leggeri, che quei centri d'azione magnetica anzichè prossimi ai poli trovar doveansi vicinissimi al centro stesso della terra.

Ulteriori fenomeni e i lavori d'Ampère fecero poi abbandonare pressochè del tutto l'idea d'uno stato magnetico permanente, e sostituirvi quella di uno stato elettrodinamico.

527. Il signor BARLOW fu condotto egli stesso ad abbracciare una tale dottrina, quando, studiando gli effetti di una sfera di ferro in rotazione, s'avvide che questa riproduceva fedelmente i fenomeni magnetici della terra: ond'è che sostituendo egli allora a quell'apparecchio un globo di legno circondato da un conduttore in elica, e ponendo tal conduttore in relazione con una pila voltaica, rendea quel globo atto ad agire sull'ago calamitato come la sfera di ferro rotante.

Se non che BARLOW attribuì le correnti terrestri alle condizioni termologiche del globo anzichè a correnti voltaiche, la quale ipotesi non gode veramente di un gran favore, tuttochè si propenda in generale a considerare come connesse all'azione solare le variazioni giornaliere dell'ago calamitato, secondochè lo indica la concordanza trovata tra le inflessioni delle curve isotermali e isodinamiche (§ 502).

AMPÈRE invece collegò la sua ipotesi sulla natura idroelettrica delle correnti terrestri a quella di un nucleo metallico liquido racchiuso sotto la crosta ossidata del globo.

Altre idee furono pur messe in campo sull'origine e sulla natura delle intestine azioni a cui quelle correnti si vorrebbero attribuire; e ben si comprende come variar possano a tal riguardo le opinioni, giusta le varie sentenze intorno alla costituzione del globo.

528. Non ci fermeremo sull'analisi di un'altra ipotesi, in cui si riferirebbe il magnetismo terrestre ai vapori di metalli magnetici, che avrebbero stanza nell'atmosfera; dottrina, che si vorrebbe fondare sulle belle esperienze di FUSINIERI tendenti a provare la reale

esistenza nell'aria di simili vapori, e specialmente di ferro. E nemmeno darem peso all'altra di HANSTEEN, che deriva il magnetismo del globo da misteriose forze o relazioni tra il sole e i pianeti, persuasi come siamo, che simili specolazioni ceder devono il passo, giusta i canoni della naturale filosofia, alle dottrine che han per base l'osservazione e l'esperienza.

CAPO VIII.

OTTICA.

Catottrica.

529. Dicesi ottica quella bella parte di Fisica, che tratta della luce. Può dividersi in due parti: la prima, geometrica, tratta della luce riflessa e rifratta, e comprende la *catottrica* e la *diottrica*. L'altra considera le qualità della luce più intimamente attinenti all'indole e natura fisica di questo agente.

La luce è quella sostanza, che rende visibili gli oggetti. Ma come sulla natura del calorico, le stesse due ipotesi si presentano riguardo al fluido luminoso; quella cioè *delle ondulazioni*, e l'altra *della emissione*. Fautori della prima sono molti moderni fisico-matematici; va congiunto alla seconda il gran nome di NEWTON, che la illustrò colle sue sublimi dottrine. Noi useremo il linguaggio di questa, ma accenneremo ai fatti che misero in favore la prima ipotesi.

530. *Propagazione*. La luce propagasi in linea retta in

un mezzo omogeneo. Infatti un punto lucido cessa di essere visibile, frapposto un obice tra quello e la pupilla. Tal propagazione non è istantanea, ma velocissima ed uniforme, compiendosi in otto minuti e tredici secondi dal sole a noi, come lo dedusse Bradley dall'osservazione degli ecclissi dei satelliti di Giove.

531. *Intensità.* L'intensità della luce è in ragione inversa del quadrato delle distanze, seguendo così la medesima legge, che regge la intensità del calorico.

532. *Legge di riflessione.* Un raggio cadente sopra d'uno specchio, ne è parzialmente riflesso con angolo di riflessione eguale all'angolo d'incidenza, e nel piano stesso d'incidenza.

La catottrica, cioè quella parte dell'ottica che considera i fenomeni della luce riflessa, poggia tutta su questa legge fondamentale.

533. *Imagini degli specchi piani.* L'imagine di un oggetto in uno specchio piano si trova dietro di esso dirimpetto all'oggetto, pari a questo in grandezza, *e a distanza pari dalla superficie riflettente.* Infatti i raggi che partono da un punto qualunque L (*fig.* 72) dell'oggetto LL', riflessi dallo specchio vanno all'occhio dell'osservatore, recando a lui l'imagine di tal punto, cui esso riferisce al punto F verso il quale convergono. Ora è evidente, che la linea LF è perpendicolare al piano di riflessione, e divisa da questo in due parti eguali, come lo è pure la linea L'F', che unisce il punto L' colla sua imagine F'. Per ciò stesso LL'=FF'.

534. *Specchi sferici.* L'imagine di un punto raggiante collocato sull'asse d'uno specchio sferico concavo e

a grande distanza, si forma a metà del raggio, ossia nel foco principale F (*fig.* 73); quivi infatti si riuniscono per riflessione i raggi, che partono da quel punto considerati come raggi paralleli (§ 379).

Se il punto lucido L (*fig.* 74) si avvicini al centro C dello specchio, la sua imagine F si avvicina pure lentamente, posciachè gli angoli di incidenza e di riflessione L K C, F K C si conservano eguali. Però giunto tal punto al centro, i due raggi coincidono, e l'oggetto e l'imagine si confondono.

Continuando il punto ad accostarsi al foco principale, la sua imagine se ne allontana rapidamente, e si troverà a una distanza infinita, vale a dire sparirà, giunto il punto lucido al foco; ma ricomparirà l'imagine dietro lo specchio, passando il punto fra lo specchio e il foco. Infatti allora il raggio riflesso in K (*fig.* 75) s'inclina all'asse, cui va ad incontrare *idealmente* al di là dello specchio. Però tale imagine appare lontanissima appena oltrepassato il foco dal punto lucido, ma rapidissimamente si avvicina con questo allo specchio, dove l'oggetto e l'imagine si confondono nuovamente. L'imagine di un oggetto seguirà lo stesso andamento come quella d'un punto; ma sarà rovesciata finchè si formerà d'innanzi allo specchio, nel qual caso l'imagine dicesi *reale;* e diritta quando si formerà dietro al medesimo, nel qual caso dicesi *virtuale,* poichè risulta da una virtuale riunione di raggi. Così negli specchi piani l'imagine è sempre virtuale.

Tale inversione o raddrizzamento d'imagini si concepirà facilmente riflettendo, che le imagini F F′ dei singoli punti d'un oggetto L L′ (*fig.* 76), si formano sempre sulle rispettive linee, che uniscono tali punti

al centro dello specchio, dove tutte s'incrocicchiano. Quindi le imagini risultano diritte, se si formano relativamente al centro dalla medesima banda, il che avviene quando l'oggetto è tra il foco e lo specchio; il contrario arriva in tutt'altra posizione, ossia che l'oggetto si trovi al di là del centro, e l'imagine tra il centro ed il foco, o viceversa.

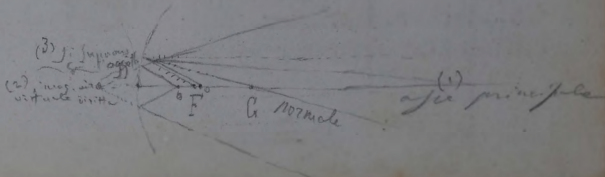
Ciò stesso poi spiega, come a grandi moti dell'oggetto, finchè è lontano dal centro, ne corrispondano dei piccolissimi nell'imagine, e come questa risultare debba minima se l'oggetto sia lontanissimo, e tendere ad adeguare l'oggetto avvicinandosi questo al centro, e reciprocamente come un piccolo oggetto poco più distante del foco, debba dare una imagine lontanissima e molto grande, e un po' più prossimo produrre un'altra imagine egualmente ingrandita, ma dietro lo specchio, epperò virtuale e diritta.

Che se l'oggetto s'accosti sempre più dal foco allo specchio, l'imagine virtuale s'appresserà pure rapidissimamente impicciolendosi, fino ad adeguare l'oggetto fatto prossimissimo.

Or se in quest'ultimo tragitto si finga l'oggetto imagine, e imagine l'oggetto, si avrà l'andamento delle imagini negli specchi convessi: quindi negli specchi convessi l'imagine è sempre diritta, dietro allo specchio, tra questo e il foco principale.

535. Sulla teoria degli specchi sferici fondansi molti giuochi d'ottica interessanti, come quello di far comparire sopra una tavola l'imagine d'un mazzettino di fiori nascosto e capovolto sotto di essa.

Altre singolari illusioni dette *anamorfosi* si producono con specchi conici, cilindrici, piramidali, prisma-

tici, che si collocano sopra una carta dove sta disegnata ad arte una figura del tutto irregolare e spesso indefinibile, ma che riflessa dallo specchio rende una imagine regolarissima.

Diottrica.

536. *Rifrazione.* Un raggio di luce LK (*fig.* 77) passando da un mezzo in un altro, forma un angolo di *rifrazione* I' nel piano d'incidenza, che generalmente è minore o maggiore dell'angolo d'incidenza I, secondochè passa da un mezzo raro in un denso, come dall'aria nell'acqua, nel cristallo ecc., o viceversa. Questa regola soffre delle eccezioni, ed in ogni caso la rifrazione è lungi dal seguir la legge delle densità.

537. È dipendentemente da questo fatto, che un bastone immerso nell'acqua sembra piegarsi in alto, poichè i raggi della parte immersa nell'escire dall'acqua nell'aria si inclinano all'orizzonte, allontanandosi dalla verticale. Similmente versando acqua in un vaso, sembra rilevarsi il suo fondo, sicchè una moneta ivi posta che prima non si vedeva perchè i suoi raggi diretti e radenti l'orlo del vaso ferivano più alto dell'occhio, è resa visibile, dacchè emergendo questi dall'acqua e rifratti nell'aria così s'inflettono, che pervengono alla pupilla.

Un fenomeno analogo presenta la rifrazione astronomica, per cui entrando i raggi solari dal vuoto negli strati variamente densi dell'atmosfera, così s'incurvano gradatamente, che ci rendono visibile l'astro del giorno prima che emerga dall'orizzonte al mattino, e dopo che già vi si è sepolto alla sera.

538. *Legge di* Cartesio. Il rapporto del *seno* dell'angolo d'incidenza a quello dell'angolo di rifrazione (detto anche *indice di rifrazione*) è costante per gli stessi mezzi. Per seno d'un angolo si intende la semicorda dell'angolo, preso il raggio per unità: così presa LK pel raggio 1, LM sarebbe il seno dell'angolo d'incidenza, e fatto similmente KF=1, FN sarebbe il seno dell'angolo di rifrazione. Per l'aria e l'acqua tal rapporto è di 1,336, per l'aria, e il vetro di 1,500.

Da ciò deriva, che un raggio non soffre rifrazione quando cade perpendicolarmente sulla superficie rifrangente perchè i due seni si annullano.

Si deduce pure, che se la luce si rifrange attraverso una lastra a faccie parallele, il raggio emergente risulterà parallelo all'incidente per le due rifrazioni inversamente eguali che soffre, entrando prima dall'aria nel nuovo mezzo, e da questo rientrando nell'aria (*fig.* 78).

539. *Prisma.* Un raggio LK (*fig.* 79) che traversi un prisma devia dalla sua direzione, e dicesi *di deviazione* l'angolo K′ L′ N che forma il raggio incidente col raggio emergente doppiamente rifratto.

Ciò dipende dacchè, stante l'inclinazione delle due faccie rifrattive, e i rapporti che ne conseguono tra gli angoli I, R, I′, R′ relativi alle due rifrazioni, che il raggio *emergente* è rigettato verso l'altra faccia, che è la *base* del prisma.

540. *Lenti.* Vi sono sei specie di *lenti sferiche.* Le bi-convesse, le bi-concave, le convesso-concave o menischi, le concavo-convesse, le piano-convesse, le piano-concave (*fig.* 80).

Dicesi *asse* d'una lente la linea che congiunge i

centri di curvatura delle sue faccie, e *foco principale* dicesi il punto F (*fig.* 81 *e* 82), a cui si dirigono dopo la rifrazione i raggi paralleli all'asse: IF è la *lunghezza* o *distanza focale*.

Centro ottico d'una lente è detto un punto I (*fig.* 83 *e* 84) tale, che i raggi ivi incrocicchiantisi non soffrono deviazione.

Una linea F' L' che passi pel centro ottico dicesi *asse secondario* o *raggio principale* per rapporto ai raggi che partono da un punto L' qualunque preso sopra di essa. Gode della proprietà di contener l'imagine F' di tal punto che formasi laddove concorrono i raggi stessi che manda, rifratti dalla lente.

Alla lunghezza focale si rapportano le distanze dell'oggetto e dell'imagine, sicchè data una di queste, si trova l'altra mercè di apposite formole, che convengono non solo a un punto situato sull'asse principale, ma ai varii punti dell'oggetto posti fuori di esso.

Senza entrare a discutere queste diverse formole possiamo facilmente prevederne i principali risultamenti.

541. Fingasi procedere l'oggetto da gran distanza sull'asse di una lente bi-convessa. I raggi incidenti che partono da ciascun punto di esso divenendo ognor più divergenti, l'imagine dovrà allontanarsi dall'altra banda, e passare dal foco a una distanza infinita ossia sparire, giunto l'oggetto nel foco principale *anteriore*, giacchè i raggi emergenti trovansi allora ridotti ad essere paralleli. Ma continuando l'oggetto LL' ad accostarsi alla lente, i raggi stessi passeranno dal parallelismo alla divergenza (*fig.* 85), e concorreranno *virtualmente* a riunirsi dinanzi alla lente in FF'.

Però si vede, che nelle lenti convesse l'imagine *reale* si forma sempre rovesciata e dietro la lente, diritta invece e davanti quando è virtuale, posciachè nel primo caso il centro ottico, che è il punto d'incrocicchiamento dei raggi principali coll'asse, si trova tra l'oggetto e l'imagine (*fig.* 84); nel secondo caso l'imagine e l'oggetto si trovano riguardo a tal punto dalla medesima parte (*fig.* 83).

Si scorge pure 1.° che per la somiglianza dei triangoli IFF′ ILL′ (*fig.* 83 *e* 84) le grandezze dell'imagine e dell'oggetto sono nella ragione delle loro distanze dalla lente, o come dicesi delle distanze dei fochi *congiogati* IF IL. 2.° Che l'imagine *virtuale* (*fig.* 83) sempre più distante dalla lente che non sia l'oggetto, ne è pur sempre più grande. Per contrario quando l'imagine risulta reale, può porsi coll'oggetto in qualsivoglia rapporto di grandezza: per avere grande l'imagine bisogna avvicinare l'oggetto alla lente, e per averla piccola bisogna allontanarlo.

Al contrario nelle lenti concave i raggi che vengono dagli oggetti emergendo più divergenti, le imagini riescono virtuali e diritte, più vicine e più piccole degli oggetti, l'ingrandimento seguendo sempre la legge accennata delle distanze focali.

542. *Forza amplificativa.* L'ingrandimento diretto d'una lente non dee confondersi coll'*apparente*, ossia colla forza *amplificativa*, che si misura dall'angolo, sotto cui l'imagine è veduta a 6 pollici di distanza (che è quella della visione distinta) confrontato con quello sotto cui si vede l'oggetto direttamente.

Però una lente telescopica di 6 pollici di foco non altera la grandezza apparente degli oggetti lontani, ma

questa rimane accresciuta se cresca la distanza focale e in proporzione. Così una lente di 12 piedi di distanza focale darebbe una imagine la cui grandezza *lineare* apparente sarebbe 24 volte maggiore della grandezza apparente dell'oggetto : basterebbe un tale strumento a formare un *telescopio* a *una lente* capace di far vedere i satelliti di Giove.

Lo stesso dicasi d'uno specchio concavo che formerebbe da se un telescopio a *riflessione*. Fu con uno di 4 piedi di diametro e 40 di foco che Herschel scoprì uno dei satelliti di Saturno.

Or questa prima imagine formata da una lente o da uno specchio, se riguardisi con un'altra lente di distanza focale minore di 6 pollici, riceverà un secondo ingrandimento.

Ciò dipende dacchè un oggetto LL′ (*fig.* 83) collocato nel foco anteriore di tal lente, manda raggi dai diversi suoi punti resi pochissimo divergenti, condizion necessaria perchè l'occhio vicinissimo alla lente e all'oggetto, possa vederlo distintamente. Però in tal caso l'oggetto è bensì riguardato sotto lo stesso angolo; ma poichè si scorge distinto, se ne riferisce la posizione alla distanza della visione distinta, che può supporsi di 6 pollici per chi ha buona vista; e per ciò stesso comparisce più grande nel rapporto appunto in cui sta la piccola distanza focale a 6 pollici.

Si supponga pertanto una lente siffatta situata in modo, che il suo foco anteriore coincida con quello di un'altra di grande distanza focale. L'imagine già ingrandita apparentemente della prima, sarà nuovamente ampliata, e la totale ampliazione sarà data chia-

mando D la distanza focale della prima e d quella della seconda, dal rapporto composto $\frac{D}{6^{\text{poll.}}} \times \frac{6^{\text{poll.}}}{d}$, che si risolve in questo $\frac{D}{d}$. Però la forza amplificativa di tale strumento a due lenti sarà uguale al rapporto delle due distanze focali. Tal è il principio su cui è fondato il *telescopio* astronomico.

Strumenti ottici.

543. *Camera oscura.* La camera oscura di Gio. Battista Porta consiste in una lente adattata all'imposta di una camera oscura, che dà le imagini *reali* e rovesciate degli oggetti esteriori ricevute sopra un muro, una tela bianca o una superficie translucida. Se ne fanno delle portative come per disegnar paesaggi ecc. La fig. 86 ne rappresenta una in cui le imagini sono riflesse da uno specchio piano metallico sopra una lastra NN di vetro non smerigliato.

544. *Microscopio solare.* Nel microscopio solare vuolsi ottenere e ricevere sopra un piano opaco MM (*fig.* 89) l'imagine *reale* e ingrandita di un piccolo oggetto. Quindi invece di collocare quest'ultimo tra il foco e la lente, come nel microscopio *semplice* in cui l'imagine è *virtuale*, si pone a distanza un poco maggiore della focale. È però facile di comprendere, che quivi l'imagine sarà rovesciata. Perchè poi questa risulti chiara e distinta, è necessario che il piccolo oggetto sia illuminatissimo, e tanto più quanto maggiore essere deve l'ingrandimento della sua imagine, e l'indeboli-

mento di lume che ne consegue. Per ciò ottenere, lo si fa coincidere col foco di una lente che vi concentra la luce solare riflessa da uno specchio LN, fissato a tal fine in un colla lente all'imposta della finestra di una camera oscura.

545. *Megascopio*. Il megascopio è affatto simile al microscopio solare, solo ingrandisce di meno, e serve all'esame di oggetti estesi. Impiegasi a proiettare imagini or più or meno grandi del vero, di pitture e bassi rilievi convenevolmente illuminati, onde ritrarne i contorni.

546. *Lanterna magica*. La lanterna magica inventata dal P. Kirker non differisce dal microscopio solare se non in questo, che gli oggetti vi sono illuminati da una lampada.

547. *Fantasmagoria*. La fantasmagoria è anch'essa come una lanterna magica, in cui può variarsi a piacere la distanza tra l'oggetto e la lente, e tra questa e il piano su cui si dipingon le imagini, le quali ora ingrandendosi ora impicciolendosi cagionano l'illusione di larve o spettri che da lungi si avanzano o si allontanano. Il prestigio è maggiore se le imagini si ricevano sopra una tela trasparente, che divida gli spettatori dal luogo dove si fa movere in silenzio l'apparecchio che le produce.

548. *Microscopio semplice*. Il microscopio semplice che, come lo indica il nome, serve a ben discernere i picciolissimi oggetti, non è che una lente convergente di piccola distanza focale. La forza amplificativa ne è eguale a 6 pollici divisi per tal distanza.

549. *Microscopio composto*. Il microscopio composto consta essenzialmente di due lenti convergenti, una

detta *lente oggettiva* ossia semplicemente *oggettivo*, che dà l'imagine estesa e rovesciata dell'oggetto, l'altra detta *oculare*, per cui riguardasi la imagine stessa amplificata ma sempre rovesciata.

550. *Telescopio astronomico*. Il telescopio astronomico risulta di due vetri convergenti, cioè di un *oggettivo* che dà l'imagine capovolta dell'oggetto, e d'un *oculare* che serve di lente microscopica. La sua forza amplificativa è eguale alla distanza focale dell'obbiettivo divisa per quella dell'oculare.

551. *Telescopio di* Galileo. Il telescopio di Galileo differisce in ciò dall'astronomico, che all'oculare convergente è sostituito un divergente, la cui distanza dall'obbiettivo eguaglia a un dipresso la differenza delle due distanze focali, sicchè i fascetti luminosi tramandati da ciascun punto dell'oggetto, dopo aver traversato l'obbiettivo, son ricevuti dall'oculare prima che concorrano a formare l'imagine, la quale si riproduce virtualmente ma raddrizzata.

La fig. 85 indica come succede un tale raddrizzamento: FF è la prima imagine data dall'oggettivo, F′ F′ indica l'ingrandimento che produrrebbe l'oculare microscopico, e F″ F″ l'ingrandimento dell'oculare bi-concavo.

È con questo strumento che Galileo penetrando per la prima volta nella profondità dei cieli scoprì le fasi di Venere, i satelliti di Giove, le macchie del Sole.

I cannocchialini da teatro sono costrutti sullo stesso principio.

552. *Cannocchiale terrestre*. Il cannocchiale terrestre è distinto dall'astronomico per due altre lenti convergenti aggiuntevi, onde raddrizzare le imagini.

553. *Telescopio di riflessione.* Il telescopio di riflessione di GREGORY consta di un grande specchio concavo metallico rivolto verso l'oggetto, di cui dà una piccola imagine rovesciata F (*fig.* 87) presso al foco di un secondo specchietto concavo, che dà una seconda imagine diritta F′ nel foco di un oculare, che ne produce una terza F″ amplificata. Tal disposizione esige nel grande specchio un'apertura circolare pel collocamento dell'oculare, che suol essere di due lenti, una delle quali aiuta alla inflessione dei raggi. Questo strumento descritto da GREGORY, fu propriamente eseguito da NEWTON, e modificato successivamente dallo stesso, da HERSCHEL e da altri.

554. *Aberrazione di sfericità.* Hanno le lenti e gli specchi concavi il difetto della *aberrazione di sfericità*, il quale nasce, dacchè i soli raggi vicinissimi all'asse concorrono in un punto, gli altri più lontani avendo fochi particolari giusta la loro distanza. Si corregge tale imperfezione nelle lenti, diminuendone l'apertura come si usa nei cannocchiali, mercè un *diaframma*, ossia *anello opaco* che intercetti tutti i raggi che vengono dai loro orli.

CARTESIO per scemar tal difetto usò lenti elittiche ed iperboliche, abbandonate poscia per la difficile loro costruzione. HERSCHEL vi pervenne adossando per la faccia convessa un menisco di convergenza a una lente bi-convessa.

Similmente gli specchi parabolici per i raggi paralleli, e gli elittici per i divergenti, godono della proprietà di produrne una riunione perfetta, e possono utilmente impiegarsi in più circostanze.

555. Dalla non riunione de' raggi in un foco, e dal vario

lor frastagliarsi e concentrarsi in luoghi diversi, nascono le *curve caustiche* per riflessione e rifrazione, come se ne vedono in que' tratti di lume che producono sul loro fondo o all'intorno i vasi di porcellana, di vetro ecc., coi liquidi che vi stan dentro, illuminati dal sole o da una fiamma.

Visione.

556. Stupenda parte e interessantissima di quel meccanismo divino che forma il corpo umano è l'organo della visione.

Consta l'occhio di un bulbo pressochè sferico chiuso da più membrane (*fig.* 88); una detta *sclerotica*, o *cornea opaca* serve d'involucro al segmento posteriore del bulbo, e s'unisce in avanti ad un'altra diafana chiamata *cornea trasparente*, che forma come un segmento prominente di una sfera minore.

Son divisi i due segmenti dall'iride tessuto delicato, fibriforme, contrattile, rappresentante un diaframma con un foro nel mezzo, che è la *pupilla*. Sta sotto l'iride e rimpetto alla pupilla il cristallino, che è un corpo diafano a forma di piccola lente convessa, tenuta in sito dalla *corona ciliare*, che come l'iride è un processo della *coroide*, altra membrana nereggiante cellulo-vascolare, che distendesi sulla parete interna della sclerotica nella cavità o *camera* posteriore dell'occhio. Questa è ripiena di un umore trasparente detto *umor vitreo*, mentre la camera anteriore compresa tra il cristallino e la cornea trasparente contiene l'umore che dicesi *acqueo*. Finalmente sulla co-

roide è applicata la *retina* membrana reticolare creduta una espansione del nervo ottico.

I raggi scagliati da un oggetto esterno LL sulla cornea trasparente l'attraversano rifrangendosi nell'umor acqueo, indi nel cristallino e nel vitreo, e riconcentrandosi per questa triplice refrazione sul fondo dell'occhio, vi dipingono un'imagine L′L′ rovesciata e piccolissima dell'oggetto medesimo. Le osservazioni istituite sugli occhi degli animali, non lasciano dubbio sopra un simile fatto.

557. Possono sul fenomeno della visione varie questioni sollevarsi. Perchè le imagini essendo rovesciate, gli oggetti si vedono diritti? Perchè le imagini essendo due, la visione d'un oggetto non è duplicata? Perchè può l'occhio discernere gli oggetti distintamente a distanze diverse?

A tutto ciò si risponde, che l'esperienza e l'uso degli altri sensi ci hanno avvezzi a giudicare con rettitudine sui veri rapporti che sussistano fra la realtà delle cose e le sensazioni per cui queste ci si manifestano. Però l'unità di sensazione cagionata da due impressioni distinte, come son quelle che nei due occhi produce la formazione delle due imagini, va così essenzialmente subordinata alla abituale corrispondenza tra le condizioni di tal formazione, e le circostanze di situazione e grandezza degli oggetti che vi dan luogo, che se tal corrispondenza venga turbata, cessa d'esser una la sensazione medesima, come quando si preme il bulbo d'un dei due occhi, o si guarda dentro una casa per una finestra. In tal caso o le due imagini non son più identiche, o più non si formano in parti che si corrispondano al fondo

dell'occhio. Allora due risultano le impressioni, e due sono le sensazioni, come due sono le imagini.

558. Al che devonsi aggiungere le correzioni che nascer devono, come può credersi, dalla contrattilità stessa dell'organo visivo, e delle varie sue parti. Sappiamo infatti, che la pupilla si ristringe nella contemplazione degli oggetti vicini e molto illuminati, e si dilata mirando oggetti lontani, o collocati in un debole lume.

Ora in siffatti moti il cristallino probabilmente si allontana o s'appressa alla retina, trasportandovi le imagini degli oggetti, cui concorrerebbe a rendere distinte la proprietà del cristallino medesimo di non andar soggetto, come taluno suppone, all'aberrazione di sfericità.

559. È quando per un vizio d'organismo, come per una eccessiva o una debole convessità, la coincidenza delle imagini sulla retina non ha più luogo, che i vetri lenticolari diventano utili. Però i *miopi* soggetti al primo difetto usano i vetri concavi, i *presbiti* soggetti al secondo usano i convessi. È perchè nell'occhio miope le imagini si formano dinanzi alla retina e conviene allontanarle, nell'occhio presbita si formano al di là di questa membrana, e bisogna ravvicinarle.

560. Un'altra circostanza relativa al fenomeno della visione distinta è quella della durata delle impressioni ottiche. Ognun sa, che un carbone acceso voltato in giro fa vedere un cerchio di foco. Tal permanenza delle sensazioni spiega il perchè, quantunque non si possa fissare direttamente che un oggetto alla volta, anzi un punto solo di un oggetto, pure indirettamente possono contemplarsene molti, tutti compresi nel campo di una visione distinta e contemporanea, benchè in-

diretta. Ciò proviene, e dalla mobilità dell'occhio, e dacchè le impressioni di un istante non vanno sì tosto perdute in quanto alla sensazione nello istante successivo. Vero è, che le impressioni indirette sono meno permanenti delle dirette, e tanto meno lo sono, quanto più distano dall'asse della visione.

Con queste ed altre considerazioni relative alle varie fasi che subir può la sensibilità della retina, si spiegano quelle ottiche illusioni , cui cagionano specialmente certe impressioni di lume or troppo deboli, or troppo vive, or soverchiamente protratte.

Scomposizione della luce.

561. La luce solare è composta di raggi di colore diverso che possono separarsi l'un dall'altro, e sono il *rosso*, l'*aranciato*, il *giallo*, il *verde*, il *bleu*, l'*indaco*, il *violetto*.

Newton fu il primo che operò tale analisi per via di rifrazione. Se come egli fece, si riceva sopra di un muro un raggio di luce solare introdotto per un piccolo foro in una camera oscura, e rifratto da un prisma (*fig.* 90), vedesi una immagine oblunga del sole, detta *spettro-solare*, formata da molte imagini circolari vario-pinte che si frastagliano e si sovrappongono parzialmente, producendo sette strisce trasversali in cui primeggiano gli anzidetti sette colori.

Tal fenomeno dipende, dacchè i raggi di cui si compone la luce solare non sono egualmente rifrangibili, più di tutti essendolo il violetto, e successivamente meno gli altri colori fino al rosso, che lo è meno di tutti.

562. Ricevuto un qualunque di questi raggi sopra di un altro prisma, non soffre ulteriore scomposizione: se tutti si riuniscono insieme o per riflessione o per rifrazione, si ricompone la luce bianca: se poi si mescolano parzialmente, si ottengono colori misti, che il prisma risolve di nuovo nei primitivi di cui sono formati.

563. *Proprietà dello spettro.* Si riconoscono nello spettro solare, oltre i *luminosi*, i *raggi calorifici* e *chimici*, e secondo alcuni i *magnetici.*

Il maggior lume si trova tra il giallo e l'arancio; il maggior calore un poco al di là del rosso o verso questo estremo colore, secondo la sostanza del prisma: i raggi chimici predominano verso la parte più rifrangibile dello spettro. Tuttavia anche gli altri raggi *oscuri* o calorifici valgono, se non a eccitare l'azione chimica, almeno a continuarla.

La dagherrotipìa è una applicazione maravigliosa di questa azione.

Meno certa è la potenza di magnetizzare l'acciaio, che alcuni fisici persistono ad attribuire al raggio violetto.

564. Nello spettro solare come in quello delle altre luci naturali o artificiali il microscopio discopre delle righe scure, che variano colla natura delle sorgenti luminose. La fissità di tali righe in ciascun colore le rende di utile applicazione nell'arte di acromatizzare le lenti.

565. Finalmente una fra le singolari proprietà della luce, che varia giusta il vario colore, è di render fosforescenti certe sostanze, fenomeno che non sembra dipendere dalle irradiazioni calorifiche e chimiche.

566. *Acromatismo.* L' acromatismo dei vetri ottici è quella proprietà per cui questi deviano per rifrazione la luce, e formano imagini senza sviluppo di colori stranieri, prodotto dalla diversa rifrangibilità dei raggi eterogenei. Già s'intende come per tale rifrangibilità ineguale, non possa un solo vetro omogeneo prismatico o lenticolare deviare o comunque inflettere la luce, senza scomporla. La stessa impossibilità avrebbe luogo per lenti o prismi composti di diverse sostanze, se queste deviassero proporzionalmente tutte le specie di raggi, come NEWTON lo supponeva: ma accade invece, che in virtù della varia legge con cui certi cristalli disperdono e deviano la luce, si può stabilir tal rapporto fra gli angoli rifrangenti di due prismi eterogenei e i loro poteri dispersivi, che l'uno d'essi essendo inversamente addossato all'altro, si temperi e corregga siffattamente la dispersione dei raggi operata da entrambi, da renderli paralleli, senza per altro distruggere la deviazione. Come similmente si possono addossare due lenti, con tal legge di curvatura formate, che diano imagini non contornate da frangie, che ne turbino la nitidezza. Tali lenti così composte diconsi però *acromatiche.* Come dunque si scorge, l'effetto dell'acromatismo è di riunire in un solo i varii fochi, che corrispondono ai varii raggi eterogenei di uno stesso fascetto o pennello lucido, ossia di annullare il difetto conosciuto in ottica sotto il nome di *aberrazione di rifrangibilità,* a cui vanno soggette le lenti di un sol cristallo, e che consiste appunto nella accennata diffusione o non coincidenza dei fochi.

Colori dei corpi.

567. La luce che cadendo sui corpi non ne è riflessa specularmente, subisce un'altra specie di riflessione parziale, per cui dopo aver penetrato fra i gruppi molecolari che formano lo strato superficiale, vien rinviata al di fuori in tutte le direzioni possibili, ma più o meno indebolita, e modificata. Ciò è perchè i raggi eterogenei soffrono in tal circostanza perdite diverse, o come dicesi rimangono assorbiti in diversa proporzione, sicchè alterandosi e diminuendosi nella luce riflessa le proporzioni primitive dei raggi che formavano la luce incidente, deve quella necessariamente infievolirsi e cangiar di colore.

Il colore d'un corpo nasce dunque da quello dei raggi riflessi dal medesimo. Se tutti i corpi riflettessero le stesse specie e proporzioni di raggi, avrebbero tutti la stessa tinta. Infatti, illuminando due corpi diversi con una stessa luce elementare, questi appariscono dello stesso colore, comecchè più o meno vivace.

568. La luce che non è riflessa non è sempre tutta assorbita dal primo strato superficiale: però distinguiamo i corpi in *translucidi* e *opachi*. Sebbene in realtà opacità perfetta non si dia in natura, dacchè vediamo l'oro, l'argento, e in generale tutti i corpi, che diciamo opachi, farsi trasparenti, quando sono convenevolmente assottigliati. Come per converso non vi ha corpo così translucido, che non diventi opaco crescendo la sua spessezza.

569. I corpi visti per luce trasmessa appariscono d'ordinario d'un *colore diafano* identico al *colore proprio*,

come lo veggiamo nei vetri colorati. Ciò non ostante vi hanno *mezzi dicroici*, ossia che visti per riflessione e trasmissione non presentano sempre lo stesso colore. Così riempiendo un cono di cloruro di cromo, questo apparisce un bel verde presso la cima, e di un rosso carico verso la base.

Ciò dipende dacchè variando la spessezza del liquido variano le relative proporzioni dei raggi eterogenei trasmessi, per la varia legge d'assorbimento che soffrono, cosicchè di due raggi diversi ora può dominar l'uno ora l'altro.

Del resto l'accennata modificazione, che nella teoria della emissione si traduce in un assorbimento di raggi, si riduce nella teoria ondulatoria ad estinzione di moti vibratorii: ma nell'una come nell'altra teoria siam condotti ad ammettere, influire sulla colorazione naturale dei corpi assai più la loro molecolare struttura, che la natura della loro sostanza, come lo dimostrano i singolari cangiamenti di colore, che uno stesso corpo presenta in condizioni fisiche diverse. Il diamante ne offre un magnifico esempio: il minio, l'ossido rosso di mercurio si fanno neri scaldandosi: il ioduro di mercurio, che è rosso, si fa giallo elevandone la temperatura, e raffreddandosi ripiglia il color primiero. Molti altri esempi offrono la chimica e la fisica, che provano l'influenza capitale dell'aggregazione sul colore dei corpi.

Alla stessa cagione devono senz'altro riferirsi i colori detti *cangianti*, i quali sebbene si spieghino con principii diversi nelle due teorie, conducono tuttavia ad analoghe conclusioni sugli stretti rapporti che passano tra la colorazione dei corpi e la loro costituzione fisica.

Diffrazione.

570. Dicesi diffrazione il singolare fenomeno osservato per la prima volta dal P. Grimaldi, di certe frangie colorate prodotte dalla luce che rade le estremità degli oggetti. Formansi queste fuori dell'ombra, e si protendono dentro all'ombra stessa quando l'obice opaco è sottile come sarebbe un capello, o quando ancora la luce passa a traverso una stretta apertura, sicchè due siano gli orli che la luce rasenta. Ciò è perchè due luci richieggonsi a produrre le frangie, ossia due serie di raggi, che sotto piccole inclinazioni s'incontrino, dopo aver percorso un cammino ineguale, mentre procedono da una stessa sorgente, come appunto succede pei raggi inflessi dagli orli degli obici, che ne intercettano l'attuale andamento.

Ora, tanto una siffatta inflessione di raggi laterali, quanto il fenomeno delle frangie colorate esterne od interne (cioè formate nell'ombra geometrica del corpo opaco), ricevono la più completa spiegazione nella teoria delle ondulazioni. Young fu il primo a professar tal teoria da lui detta delle *interferenze*, così chiamando egli le azioni reciproche dei raggi luminosi, quando s'incrocicchiano in circostanze da dar luogo al fenomeno della diffrazione: ma era riservato a Fresnel, e più tardi a Cauchy di raffermarla su salde basi, cosicchè i varii fenomeni ottici, non che quelli di diffrazione, ne divenissero come altrettanti corollarii.

571. Ed in vero ella è una deduzione necessaria di quella dottrina, che ciascuna molecola dell'etere luminoso,

ossia che venga scossa da una azione primitiva, o riceva il suo moto vibratorio dalle molecole circostanti, può e dee considerarsi essa stessa come centro di raggi, ossia di onde luminose che, in un mezzo omogeneo, si propagano in isfera, pressochè in quella forma, in cui vediam propagarsi le ondicelle prodotte in un punto superficiale d'un'acqua stagnante: il qual principio convenientemente analizzato conduce direttamente a spiegare la prima cagione degli accennati fenomeni di luce diffratta, cioè la produzione dei raggi laterali e secondarii.

572. Si spiega poi la formazione delle frangie con quest'altro principio generale applicabile a qualunque forma o sistema di moti periodici o vibratorii, che cioè due moti avverandosi sopra una molecola in direzioni, o come dicesi, in fasi opposte, l'uno elide l'effetto dell'altro, e ne succede il riposo, che corrisponde ad estinzion di luce. Così vediamo sopra di un lago, che le onde partite da un centro, incontrandone altre procedenti in altra direzione, riproducono in convenevoli circostanze un fenomeno analogo, rinforzandosi in certi punti, ed elidendosi in certi altri.

E in acustica s'hanno pure fenomeni di suoni intermittenti, nati dalla collisione o dal concorso dei moti ondulatorii relativi a suoni diversi e contemporanei.

573. Ed in vero, se si rappresenti colla lettera *d* una certa quantità assoluta (che l'osservazione determina), avviene costantemente, semprechè due fascetti lucidi poco fra loro inclinati e partiti da una stessa sorgente si ricevano sopra d'un piano, allorchè danno origine alle bande diffratte, che queste, se son brillanti, corrispondano

o a quei punti in cui que' raggi giungono dopo aver percorso un egual cammino, o a quelli pei quali la differenza del cammino percorso è rappresentata da uno dei numeri della serie d $2d$ $3d$ $4d$ ecc; e se le bande sono oscure, queste corrispondano a punti pei quali tal differenza risulta espressa da un numero della serie

$$\frac{d}{2} \quad \frac{3d}{2} \quad \frac{5d}{2} \quad \frac{7d}{2} \quad \text{ecc.}$$

Il che significa, che al formarsi delle frangie lucide si richiede, che i moti vibratorii corrispondano ad una eguale fase ossia cospirino, e alla formazione delle oscure vuolsi invece, che corrispondano a fasi opposte e si distruggano.

Come si scorge, la quantità d deve coincidere colla lunghezza di un'ondulazione, che si trovò da Fresnel eguale a 423 millionesimi di millimetro per il raggio violetto, e a 620 pel rosso.

Anelli colorati.

574. Se si osservi una bolla di saponata o d'altro liquido viscoso, vedonsi al suo vertice degli anelli colorati a formarsi e dilatarsi concentricamente. Il loro centro apparisce successivamente bianco, turchino, nero, e poi la bolla si rompe.

Boyle fu il primo a rimarcare simil fenomeno. Fu poscia fatta la osservazione, che le laminette o pagliuzze sottilissime di certe sostanze, come di mica, manifestano tinte diverse giusta la loro sottigliezza. Newton stringendo contro una lente convessa la fac-

cia piana d'una lente piano-convessa, riprodusse i colori delle lamine sottili nel tenuissimo strato d'aria compreso fra i due vetri in forma di anelli concentrici al punto di contatto, e colle tinte dell'iride. Se ne vedono per riflessione e per trasmissione, ma la luce trasmessa è *complementare* della riflessa, ossia tale, che unita a quella forma la luce bianca.

575. Sostituì Newton l'acqua all'aria, e gli anelli divennero più piccoli, gli stessi colori corrispondendo a spessezze proporzionali ai seni d'incidenza e di rifrazione nel passaggio della luce dall'aria nell'acqua. Lo stesso filosofo lasciò cadere sui due vetri le varie luci del prisma invece della luce bianca, e queste davano anelli del loro colore alternamente lucidi e oscuri, ma gli anelli veduti scuri per riflessione, apparivangli coloriti per trasmissione e viceversa.

576. A spiegare queste singolari alternative, Newton imaginò l'ingegnosa sua teoria *degli accessi*. Attribuiva egli a ciascuna molecola lucida due poli diversi, l'uno attrattivo, l'altro repulsivo, e tal moto alternativo per cui questa nel suo cammino rettilineo or l'uno or l'altro polo rivolgeva alla superficie rifrattiva, secondo la fase in cui si trovava al momento in cui la raggiungeva. Indi una tendenza nella molecola ad esser riflessa o trasmessa giusta la natura del polo che primo entrava nella sfera d'azione della superficie riflettente o rifrattiva, azione per cui in tutti i casi succedeva, che la molecola proseguiva il suo cammino come se avesse cominciata la sua fase, o usando il linguaggio di Newton, il suo *accesso di facile riflessione* o *di facile trasmissione* sulla superficie stessa riflettente o rifrattiva.

Infatti dovea quindi succedere, che a rappresentando la *lunghezza* d'una fase o d'un accesso, cioè lo spazio percorso dalla molecola nel tempo per cui dura tal fase, la luce trasmessa dalla prima superficie di una lastra d'ineguale spessezza sarebbesi pur trasmessa dalla seconda laddove tale spessezza fosse stata $2a$, $4a$, $6a$, ecc., e riflessa ai punti corrispondenti alle spessezze intermedie a, $3a$, $5a$, ecc.

577. Bella senza dubbio e degna della gran mente che la imaginò è la teoria degli accessi, nè in altra guisa si potrebbero più fedelmente che in questa tradurre i fenomeni a cui fu applicata, ritenendo la ipotesi della emissione. Ma la spiegazione dei fenomeni stessi nella teoria ondulatoria, presentasi con un carattere di verità e semplicità tanto più irrecusabile, quanto più una tale spiegazione s'immedesima colle deduzioni più rigorose della meccanica razionale. In questa teoria pertanto, il sistema degli anelli colorati riflessi si dedurrebbe dalla interferenza, che vuol dire dall'incontro sotto fasi ora eguali or contrarie dei due sistemi di raggi, che nascono dalla riflessione operata alle due superficie della sottile lamina, che è tra i due vetri, cioè dai raggi rinviati da queste superficie dopo una sola riflessione, e da quelli direttamente trasmessi, che si incontrano con gli altri similmente trasmessi dopo essere stati due volte riflessi dalle superficie medesime.

578. Vero è, che per l'accordo perfetto tra le deduzioni teoriche e le circostanze osservate, è necessario tener conto, nel calcolar le differenze di cammino percorso dai raggi che danno gli anelli riflessi, di una semiondulazione perduta, stantechè tali raggi non subiscono alle due superficie della lamina sottile due ri-

flessioni identiche: infatti alla prima superficie la riflessione si fa dall'aria nel vetro, e alla seconda dal vetro nell'aria. Quindi al punto di contatto dei due vetri dove dovrebbe aversi accordo perfetto fra i moti vibratorii e un punto brillante, si ha disaccordo e un punto oscuro; e laddove dovrebbero vedersi anelli oscuri in giro al punto centrale, si vedono anelli brillanti, e viceversa. Ed in quanto agli anelli visti per trasmissione, risultando questi dall'accordo dei raggi direttamente trasmessi, e da quelli due volte riflessi dentro alla lamina sottile, chiaro si scorge come debbano riuscire complementarii di quelli visti per riflessione, dacchè i raggi dei due sistemi di anelli corrispondono in somma a tutta la luce bianca incidente.

579. Da ciò risulta, che la spessezza della lamina ai punti in cui formasi il primo anello lucido per riflessione, eguagliar deve $\frac{1}{4}$ della lunghezza di ondulazione, affinchè il doppio di tale spessezza, che forma la differenza di cammino tra i raggi riflessi in questi punti, unito ad una mezza ondulazione formi una ondulazione intiera; mentre gli altri anelli consecutivi risponderebbero alle spessezze $\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{4}$, $5\frac{1}{4}$, $7\frac{1}{4}$ ecc. Quindi l'accennata spessezza, che corrisponde alla quantità a, cioè al valore di un accesso determinato da NEWTON, deve pur coincidere col quarto del valore di d, cioè col quarto della lunghezza di ondulazione determinato numericamente da FRESNEL: ed è mirabile, come appunto si verifichi una tal coincidenza numerica, che stabilisce il più perfetto accordo tra i fenomeni di cui ragioniamo, e la teoria onde si vogliono dichiarare.

Un bel fatto, che conferma la teoria stessa è quello, con cui Airy sopprimendo uno dei due sistemi di raggi, che danno gli anelli colorati, li faccia sparire: al qual fine adoperava egli una luce polarizzata, che non potesse riflettersi ad una delle superficie della lamina.

Riflessione e rifrazione nella teoria ondulatoria.

580. Sia S un punto lucido (*fig.* 96), e AB un piano riflettente: appena un'onda sferica AP emanata da S raggiunge il piano in un punto A, tal punto si fa centro di onde *secondarie*, che in parte penetrano nel mezzo riflettente, e in parte si propagano nel mezzo in cui s'opera la riflessione: però l'onda secondaria Ad emanata da A, giungerà in d al momento preciso, in cui l'onda incidente AP giungerà in Bb, percorrendo uno spazio Pb eguale a Ad.

Similmente il punto X appena raggiunto dall'onda incidente XQ, si farà centro di onde secondarie, la prima delle quali giungerà in c al momento in cui l'onda incidente giungerà in B percorrendo uno spazio QB eguale a Xc.

Lo stesso dicasi di qualunque altro punto situato come il punto X tra A e B. Se ora descrivasi per intiero l'onda incidente DBb, sarà facile di vedere, come questa formerà un segmento sferico col centro in S, che avvilupperà tutti gli emisferi AD, XC ecc., mentre gli emisferi eguali Ad, Xc ecc. potranno considerarsi similmente avviluppati da un pari segmento

sferico col centro in un punto S situato a una distanza As eguale ad AS sulla perpendicolare Ss. Tal segmento sarà dunque il luogo geometrico, che conterrà i moti vibratorii dell'onda incidente.

Lo stesso ragionamento s'applica evidentemente a tutte le onde succedentisi partite dal punto S, le quali daranno origine a onde riflesse, che si succederanno del pari, concentriche all'onda dB come se partissero dal comun centro s, che però sarà l'imagine virtuale del luminare S. Quindi come l'occhio collocato in X vedrebbe tal luminare in S nella direzione SX, che è quella del raggio incidente, così collocato in c lo vedrebbe in s nella direzione cx, che è quella del raggio riflesso: le quali direzioni formano evidentemente angoli eguali, e col piano riflettente, e colla normale.

581. D'ordinario nelle quistioni ottiche non si contempla che un solo raggio, o piuttosto un solo pennello di raggi piccolissimo. In tal caso l'onda incidente si considera come piana. Così al pennello luminoso SX corrispondono nei punti C e c porzioni dell'onda incidente e riflessa tanto più prossimamente piane, quanto più prossimi al parallelismo saranno i raggi che lo compongono.

Che se il parallelismo sarà perfetto (il che suppone il luminare S collocato a una distanza infinita), allora, qualunque sia il fascio di raggi paralleli incidenti, l'onda generale incidente sarà un perfetto piano come l'onda riflessa, e quando quella progredendo giungerà a coincidere col piano tangente in C all'emisfero XC, questa coinciderà in quell'istante medesimo col piano tangente in c all'emisfero Xc. Però si vede, che le

due onde piane s'intersecheranno col piano riflettente in una medesima linea.

Consideriamo ora le onde, che penetrano nel nuovo mezzo supposto omogeneo. Egli è evidente, che le onde secondarie emanate dai punti A, X ecc. successivamente scossi dall'onda incidente, avranno raggi maggiori o minori di quelli delle onde riflesse corrispondenti, secondochè maggiore o minore sarà la velocità di propagazione della luce nel mezzo in cui penetra. Però tali raggi serberanno rispettivamente fra loro un rapporto costante, circostanza da cui si deduce immediatamente 1.° che l'onda generale rifratta è piana; 2.° che il seno dell'angolo che forma l'onda rifratta col piano rifrangente sta al seno dell'angolo che forma l'onda incidente, come il raggio dell'onda secondaria rifratta, al raggio dell'onda riflessa corrispondente. Tale risultamento contiene evidentemente la legge di Cartesio, posciachè i due raggi sono nel rapporto costante delle due velocità di propagazione nei due mezzi, e i due angoli sono eguali a quelli, che formano il raggio incidente e rifratto colla normale.

Costituzione di un raggio di luce nella teoria ondulatoria.

582. Le esposte dottrine tuttochè razionali, non offrono ancora il carattere di una analisi rigorosa. Ma i metodi della meccanica razionale applicati al calcolo della propagazione della luce nei varii mezzi, conducono a delle conclusioni sulla natura dei moti minimi vi-

bratorii di ciascuna molecola eterea, e sui cangiamenti che questi moti subiscono nella loro forma e nelle loro fasi alla superficie di separazione tra un mezzo e un altro, le quali, mentre vanno essenzialmente connesse ai fenomeni di riflessione, di rifrazione, di coloramento, di cui tali superficie diventano la prima sede, ne racchiudono a un tempo la spiegazione.

583. Siffatte risultanze teoriche confrontate con quelle della sperienza, ci rappresenterebbero le molecole costituenti un raggio elementare come animate di un moto, che le fa percorrere periodicamente delle piccolissime traiettorie intorno alla linea, o *asse*, che segna la direzione del raggio stesso, il qual moto composto può però scomporsi in tre moti semplici oscillatorii, l'uno nella direzione dello stesso raggio e gli altri perpendicolari al medesimo, e perpendicolari fra loro. Ora di questi moti i soli trasversali si ravvisano come atti ad agire sull'organo visivo, e da prendersi in considerazione nella spiegazione dei fenomeni ottici.

584. Indi si dedurrebbe, che un raggio di luce naturale omogenea può considerarsi come formato di due raggi soprapposti di eguale velocità in ciascun dei quali ogni molecola eterea oscillerebbe compiendo escursioni rettilinee perpendicolarmente all' asse del raggio, mentre tutte insieme le molecole, per essere isocrone ma non sincrone le loro oscillazioni, formerebbero come una curva serpeggiante in uno stesso piano e intorno all'asse medesimo. Però gli ondeggiamenti di tal curva, e i suoi nodi o punti d' incontro coll'asse, si traslocherebbero come quelli di una corda tesa, una delle cui estremità si facesse salire e discendere rapidamente in una stessa dire-

zione, ovvero come veggonsi progredire e traslocarsi le ondicelle successive di un'acqua agitata: con tal condizione però, che le curve dei due raggi componenti il raggio naturale, mentre ondeggierebbero in piani ortogonali, i loro nodi come le loro fasi coinciderebbero.

585. Senonchè un tale stato di cose può per guisa cangiarsi, e cessare nei due raggi e fra i loro moti la sopradichiarata corrispondenza perfetta di fasi di velocità e di direzione, che si verifica quando formano un raggio di luce naturale.

586. Possono in primo luogo i due raggi dividersi e separarsi come avviene nella doppia rifrazione: allora ciascun d'essi dicesi *polarizzato*, e *piano di polarizzazione* vien detto quello, a cui le vibrazioni rettilinee delle molecole luminose risultano perpendicolari.

587. Può in secondo luogo l'un d'essi rimaner assorbito e l'altro trasmesso, come avviene, quando un raggio di luce naturale traversa una lastra di tormalina tagliata parallelamente all'asse del cristallo: e tal raggio allora è polarizzato perpendicolarmente al piano della sezione principale, che passa per l'asse.

588. In terzo luogo si possono separare i due raggi per semplice riflessione sopra una lastra di vetro, o d'altra sostanza suscettiva di una tale azione, dirigendo il raggio incidente sotto il così detto *angolo di polarizzazione*, cioè in modo che il raggio rifratto risulti perpendicolare al raggio riflesso, e allora la luce riflessa e una pari porzione della rifratta danno due fascetti lucidi polarizzati in piani perpendicolari.

589. Finalmente si ottiene l'effetto stesso per riflessione e rifrazione anche sotto un angolo, che non sia quello

della polarizzazione totale, facendo cadere la luce sopra una pila (detta *pila polarizzante*), formata di lastre di vetro soprapposte, e moltiplicando così le riflessioni e rifrazioni. Nel qual caso l'uno e l'altro raggio risulta polarizzato in piani perpendicolari.

590. Ora, a comprendere il legame che hanno siffatti fenomeni coll'accennata costituzione di un raggio lucido, gioverà il premettere, come pei varii mezzi cristallizzati o non cristallizzati in cui è dato alla luce di propagarsi, uno degli elementi attinenti alla loro natura, e che essenzialmente influisce sulle loro ottiche proprietà, è la elasticità dell'etere, che va in essi connessa, come l'esperienza lo prova, a quella della materia ponderabile, e alla molecolare loro struttura.

Infatti si osserva, che, fra i corpi regolarmente cristallizzati, quelli, che per la regolarità simmetrica delle loro molecole integranti offrono una eguale elasticità in tutte le direzioni, e che il calore dilata egualmente per ogni verso, sono i soli, che non danno luogo alla duplicazione del raggio rifratto: siffatti cristalli son però quelli, che hanno per forma primitiva un poliedro regolare (il cubo, e l'ottaedro). Diconsi cristalli isotropi, e conseguenza dell'isotropia è la proprietà d'essere *isofani*, ossia di trasmettere la luce egualmente in ogni direzione.

A meglio provare un tal nesso, si fa l'esperienza di comprimere, o torcere, o altrimenti alterare colla tempera l'intestina struttura di un vetro naturalmente isofano, e si trova che questo acquista le proprietà dei cristalli *birefrangenti*.

591. Ora la meccanica corpusculare conduce a distinguere in ogni cristallo birefrangente tre direzioni or-

togonali dette *assi di elasticità*, dotate di tal proprietà, che gli scuotimenti indutti nelle molecole luminose sviluppano in siffatte direzioni elasticità diverse, sicchè diverse risultano le velocità della luce in quelle direzioni medesime, per essere tali velocità proporzionali alle radici quadrate delle elasticità corrispondenti.

Tali velocità lungo i tre assi diconsi *velocità principali.*

592. In virtù di questa varia legge di elasticità succede: 1.° che le onde secondarie dovute agli scuotimenti prodotti da un'onda piana incidente sopra una faccia piana di questi cristalli non sono sferiche, e danno origine non ad una sola ma a due onde generali, che sono piane: indi la causa del dividersi generalmente in due d'ogni raggio o fascetto lucido incidente, poichè, due essendo i punti di tangenza delle due onde piane coll'onda secondaria che emana dal punto di incidenza, due pure sono le linee, che uniscono quest'ultimo coi punti predetti.

593. Or questi due raggi risultano necessariamente polarizzati in piani diversi, ed hanno diverse velocità; ed inoltre i moti rettilinei delle molecole luminose tuttochè compresi per uno stesso raggio in un medesimo piano, non sono come nei mezzi di elasticità costante sempre perpendicolari all'asse del raggio, ma generalmente inclinati.

Del resto tutte le particolarità relative alla doppia rifrazione nei varii casi dipendono dai valori delle tre elasticità o velocità principali, e dalla direzione dei loro tre assi relativamente a quella del piano d'incidenza, e del raggio incidente.

594. Siffatte particolarità si semplificano grandemente nei cristalli dove due delle tre velocità principali si eguagliano. Son questi i cristalli a *un solo asse ottico*, come lo spato islandico, il quarzo ecc. Quivi l'onda, che emana da un punto superficiale scosso dall'onda incidente, si compone di un emisfero e di un semi-elissoide di rivoluzione, il cui semi-asse eguaglia il semi-diametro dell' emisfero, e coincide coll'asse di velocità ineguale, che si confonde coll'asse cristallografico.

595. Tal forma dell'onda secondaria somministra un mezzo geometrico di determinare l'andamento dei due raggi, in cui dividesi in questa classe di cristalli un fascetto lucido che vi penetra, siffatta determinazione riducendosi a quella dei due punti di tangenza dell'onda anzidetta coi due piani, che rappresentano le due onde generali rifratte. Le due linee, che uniscono i due punti accennati con quello d'incidenza segnano la direzione dei due raggi, che diconsi *ordinario* e *straordinario.* L'ordinario corrisponde all'onda sferica che corrisponde alla risultante dei moti comunicati, propagantisi uniformemente, e lo straordinario si riferisce all'onda sferoidale, in cui le velocità di propagazione variano colla lunghezza dei raggi vettori, che le rappresentano.

Ambedue questi raggi risultano intieramente polarizzati in piani perpendicolari, e la geometria somministra mezzi grafici di determinarli.

596. Or ecco i principali risultamenti della sopraesposta teoria, i quali coincidono perfettamente con quelli della osservazione.

1.° I due raggi in cui si divide un raggio naturale omogeneo rifrangendosi in un cristallo ad un asse

sono polarizzati ad angolo retto, cioè in piani perpendicolari.

2.° Il solo raggio ordinario segue le due leggi di Cartesio, mentre lo straordinario le segue soltanto nel piano perpendicolare all'asse, e non giace nel piano d'incidenza, che quando questo piano coincide colla *sezione principale* del cristallo, cioè con un piano tratto per l'asse e perpendicolare alla superficie o faccia rifrangente.

3.° I due raggi non si dividono lungo l'asse del cristallo, perchè le due onde piane ordinaria e straordinaria allora coincidono come coincidono i due punti di tangenza coll'onda secondaria.

4.° La velocità dei due raggi lungo l'asse è la stessa: se questa è maggiore della velocità principale perpendicolare all'asse, l'elissoide è oblungo, e l'indice di rifrazione straordinaria è maggiore dell'indice di rifrazione ordinaria: il cristallo dicesi allora *positivo*; tale è il caso del quarzo. Il contrario ha luogo se la velocità lungo l'asse è minore, come nello spato islandico, nel qual caso il cristallo dicesi *negativo*.

597. *Cristalli a due assi.* L'andamento dei due raggi nei cristalli che hanno tre assi di elasticità diverse, come il corindone, il mica ecc., è assai più complesso. Diconsi tali cristalli a due assi *ottici*, perchè vi hanno in questi due direzioni, lungo le quali i due raggi polarizzati non solo non si dividono, ma serbano velocità eguali: in ogni altra direzione le velocità son diverse, e i due raggi di doppia rifrazione in generale deviano entrambi dalle leggi della rifrazione ordinaria.

Tuttavia se il raggio incidente si trova in un piano d'incidenza perpendicolare ad uno dei tre assi di elasticità, i due raggi giacciono entrambi in tal piano, ma un solo di essi ha un indice di rifrazione, che risulta diverso per i tre diversi assi di elasticità.

598. Un risultato curioso della teoria, e che l'esperienza ha confermato, è quello della *rifrazione conica*, in cui un raggio normale sopra una lastra tagliata in una di due direzioni giacenti nella sezione principale media, dette *assi di rifrazione conica*, si espande rifrangendosi in forma di un cono, ed emerge in quella di un tubo luminoso. Ciò dipende dacchè in tal circostanza l'onda piana parallela alla faccia rifrangente tocca l' onda secondaria non in un solo punto, ma in una serie circolare di punti, a ciascun de' quali corrisponde un raggio sensibile.

Colori della luce polarizzata.

599. Allorchè un raggio polarizzato dapprima rettilineamente soffre una ulteriore scomposizione, come quando traversa una lamina di cristallo birefrangente, mostra l'esperienza, che i raggi polarizzati originati da quella scomposizione possono interferire, e dar luogo a colorazioni simili a quelle della diffrazione, purchè, essendo i loro piani di polarizzazione ricondotti ad un piano comune, abbia una parte de' medesimi sofferto un ritardo di $\frac{1}{2}$ ondulazione.

S'usa negli sperimenti fatti su questa classe di fenomeni, fra gli altri, l'apparecchio detto delle torma-

line (*fig.* 101) di Herschel, che consiste in due tubi di rame c e c', a ciascun de' quali è fissata una lastra di tormalina tagliata parallelamente all'asse: le due lastre t t' possono, girando i tubi, recarsi ad avere gli assi paralleli o incrocicchiantisi; e fra queste è collocata la lamina di cristallo su cui si sperimenta, che pel mezzo di un piccolo bottoncino può pur girare nel proprio piano: finalmente v v' è una lente a corto foco, ovvero un vetro, a cui fu tolta la pulitura secondochè le apparenze luminose voglionsi ricevere sopra d'un piano o riguardarsi direttamente. Si può far senza la prima tormalina t', ma allora bisogna che l'apparecchio riceva la luce già polarizzata, per esempio, per riflessione.

Or se la lamina p p' sia d'un cristallo a un asse per esempio di spato islandico, e tagliata perpendicolarmente all'asse, riguardata a traverso la tormalina t presenta una vaghissima serie d'anelli colorati traversati da una croce nera o bianca centrale (*fig.* 97 e 98), secondochè gli assi delle due tormaline sono paralleli o perpendicolari.

La causa di un tal fenomeno è facile a cogliersi. La luce che procede dalla prima lamina di tormalina, per la proprietà conosciuta di questo cristallo (§ 586), risulta polarizzata in un piano perpendicolare al suo asse. Ma per le leggi con cui la luce polarizzata comportasi traversando un cristallo birefrangente, succede, che ciascun raggio polarizzato il quale da quella prima lastra verrebbe all'occhio, traversando la seconda lamina p p', dividesi in due raggi ineguali polarizzati ad angolo retto, giacenti nella sezione principale, ed emergenti parallelamente dopo aver sof-

ferto un ineguale ritardo. Or questi due raggi vengono parzialmente ricondotti in un medesimo piano di polarizzazione dalla terza lamina T', e però interferiscono stante il sofferto ritardo.

Ma è facile di vedere, come tutti gli accennati effetti variar debbano nei diversi coni di raggi che vengono all'occhio, e pei diversi raggi d'uno stesso cono luminoso. Avviene in fatti, che i raggi polarizzati dalla prima tormalina, traversando la lamina birefrangente PP', si conservano indivisi nel piano di polarizzazione primitivo in due sezioni, l'una parallela, l'altra perpendicolare a tal piano: mentre gli altri raggi dividonsi in due, uno straordinario e l'altro ordinario, che hanno intensità diversa e variabile giusta l'angolo, che forma il piano di polarizzazione primitiva colla sezion principale. Or tal è la legge di siffatta bipartizione, che i due raggi a cui dà luogo equivalgono in somma al raggio primitivamente polarizzato da cui dipendono, cosicchè mentre, partendo da una delle accennate sezioni perpendicolari, l'un d'essi comincia a crescere, l'altro comincia a scemare, e quando, a metà del quadrante, l'un d'essi eguaglia la metà del raggio primitivo, l'altro eguaglia l'altra metà; quando infine, percorso l'intiero quadrante, cioè i novanta gradi compresi fra le due sezioni, nelle quali la divisione è nulla, uno d'essi sparisce, l'altro lo rappresenta nella sua intensità primiera.

A queste variazioni devono aggiungersi quelle, che provengono dalla diversa ampiezza dei coni luminosi, e dal diverso ritardo relativo che soffrono le due porzioni polarizzate nella lastra birefrangente, giusta la varia obbliquità con cui la traversano, per cui tal

ritardo può ora adeguare un numero pari ora un numero impari di semi-ondulazioni. È facile da ciò capire come, riguardando con la seconda tormalina quei coni luminosi così variamente modificati, debbano risultarne anelli colorati d'intensità e forma diversa, ma simmetrica nei quattro quadranti, e in ciascun quadrante simmetrica per rapporto alla sezione media: e comprendesi pure onde nascano la croce nera e la croce bianca, allorchè la seconda tormalina ha la sua sezione principale perpendicolare o parallela alla sezione principale della prima tormalina: posciachè nel primo caso la luce non estinta dalla prima tormalina rimane estinta dall'altra, nei due piani perpendicolari a quello di polarizzazione primitiva, e nel secondo caso non soffre estinzione.

S' intende pure, come la seconda tormalina non lasci vedere che l'imagine straordinaria, cioè quelle porzioni di luce polarizzata, che son ricondotte a possedere un piano di polarizzazione perpendicolare alla sezione principale, e le loro interferenze in cotesto piano.

Se al luogo della lastra P P′ si colloca una lastra quadrata di cristallo temperato, si hanno apparenze analoghe a quelle delle figure 102 e 103, formate da una croce nera, con cerchi brillanti dei più vivi colori ai quattro angoli.

I cristalli a due assi presentano due ordini di anelli colorati, e delle bande or chiare ora oscure corrispondenti alle due bande incrocicchiantisi nei cristalli a un sol asse, ma di forma variabile.

600. Non sarebbe possibile, senza escire dai limiti che ci siamo prescritti, di tutte riferire e dichiarare le singolari modificazioni e colorazioni, che per riflessione

e rifrazione subisce la luce naturale o polarizzata, le quali mentre riescono oggetto di meraviglia per chi s'applica a studiarne le leggi, offrono nel tempo stesso criterii utilissimi per la cognizione e classificazione dei cristalli, e somministrano sovente mezzi inattesi di analisi a cui niun altro mezzo supplir potrebbe.

Al qual proposito non ci ristaremo dal far cenno della applicazione, a cui diè luogo il singolare fenomeno che presenta il quarzo, da Biot chiamato polarizzazione circolare.

Polarizzazione circolare.

601. Consiste tal fenomeno in ciò, che le molecole componenti un raggio naturale possono costituirsi in un moto rotatorio circolare od elittico, il che avviene quando un dei due raggi ortogonali di cui si considera composto, soffre sull'altro un certo ritardo: se questo equivale ad $\frac{1}{4}$ o $\frac{3}{4}$ di ondulazione, la polarizzazione risulta circolare, ed elittica se tal ritardo è maggiore o minore.

Come i due moti ortogonali relativi ai due raggi possano generarne uno obliquo ai medesimi, e come tale obliquità risponder debba a 45° quando i due raggi anzidetti trovansi nelle condizioni accennate, non è difficile a intendersi.

E nemmeno è difficile lo spiegare come un raggio polarizzato rettilineamente possa scomporsi in due raggi eguali polarizzati circolarmente ma in senso contrario.

Ora prova l'esperienza, avervi liquidi e gaz, e fra i solidi il quarzo, dotati della singolar proprietà di trasmetter più facilmente un raggio polarizzato *a destra*, che quello polarizzato *a sinistra* o viceversa; e una risultanza di tal proprietà si è che, trasmesso un raggio omogeneo polarizzato rettilineamente a traverso di una di siffatte sostanze, al sortirne per una faccia parallela a quella d'incidenza, offre un piano di polarizzazione, che forma un certo angolo col piano di polarizzazione primitiva: il che è un effetto dello scomporsi che succede dentro a tal sostanza del raggio polarizzato rettilineamente in due circolarmente polarizzati, e del vario ritardo, che i due raggi soffrono nel lor tragitto. Biot osservò, che certe soluzioni di liquidi possono produrre effetti di rotazione dipendenti non solo dalla loro natura, ma dalle proporzioni eziandio in cui son mescolati, o anche chimicamente congiunti. Ciò basta a far comprendere, come questa maniera di sperimentare abbia potuto e possa utilmente applicarsi in molte circostanze, qual mezzo di esplorazione e di analisi.

Polarizzazione dei raggi calorifici e chimici.

602. Melloni provò, che i raggi calorifici traversando la mica si polarizzano, cosicchè possono traversare una lastra di tormalina od esserne intercettati, secondo la posizione della sezione principale di questa relativamente al piano di polarizzazione.

Bérard avea già nel 1812 segnalata una tale pro-

prietà anche nei raggi chimici, ma conseguiva l'effetto del loro polarizzamento per riflessione.

Era da attendersi, che questi raggi fossero polarizzabili anche per rifrazione: le recenti esperienze sulle carte *sensibili*, come quelle che servono ai processi della dagherrotipìa, somministrarono al sig. SUTERLAND il mezzo di dimostrarlo.

È da sperare, che queste esperienze e quelle intraprese da alcuni fisici sul modo di agire dello spettro solare nei varii mezzi, condurranno a dei raffronti preziosi sulle analogie e sulle discrepanze delle diverse radiazioni che lo compongono, e forse a conclusioni, che fisseranno viemmeglio le nostre idee teoriche sull'indole di tali radiazioni.

CAPO IX.

METEOROLOGIA.

Preliminari.

603. La meteorologia ha per oggetto non solo lo studio delle meteore, ossia dei fenomeni atmosferici, ma di tutti gli elementi onde dipendono i climi, coll'intendimento di stabilire le leggi delle loro vicende e delle loro modificazioni.

Nelle moltiplici sue ricerche essa ha per ausiliari la fisica e la chimica, la geografia fisica e l'astronomia.

604. *Costituzione dell'atmosfera.* L'atmosfera risulta for-

mata d'aria di vapore acqueo, con qualche traccia d'altre sostanze gazose.

L'aria è principalmente composta d'ossigene e di azoto, le cui proporzioni costanti a tutte le altezze sono secondo DUMAS e BOUSSINGAULT su mille parti in peso 230,10 d'ossigene e 769,90 d'azoto, o in volume 208,10 d'ossigene, 791,90 d'azoto.

L'aria contiene inoltre una tenue dose d'acido carbonico che varia da 1,4 a 1,8 su 1000 volumi d'aria, secondo le stagioni e l'ora stessa del giorno.

VERVER rinvenne inoltre nell'atmosfera un po' d'idrogene come BOUSSINGAULT, DE-HUMBOLDT e DALTON, e di più del carbonio, senza sapere per altro definire sotto qual forma di combinazione gazosa queste due sostanze vi si ritrovino.

La quantità poi di vapore acqueo è variabilissima; VERVER recentemente ne recò il valor medio a 7,97 parti in peso su mille d'aria al mattino, e 8,85 dalle due dopo il mezzogiorno fino alla sera.

Il peso medio dell'atmosfera al livello dei mari è quello d'una colonna di mercurio di $0^{m},762$: e la sua altezza non può eccedere gran fatto secondo BIOT i 40 mila metri.

BERZELIUS dà le proporzioni seguenti dei componenti atmosferici riferiti a una pressione media barometrica di 758^{mm}.

Azoto	572^{mm}, 70
Ossigene	176 , 50
Acido carbonico	0 , 90
Vapore acqueo	7 , 90
	758^{mm}, 00

605. S' agitò tra i fisici la quistione d'una progressiva diminuzione d'ossigene, e quella delle cagioni, che poteano temperare gli effetti di tale diminuzione.

Or si calcola che l'ossigene dell'aria pesa in totale quanto 134000 cubi di rame di 1 kilom. di lato, e che l'ossigene consumato dalla respirazione di mille milioni d'uomini non giungerebbe al più che da $4\frac{3}{4}$ a 5 di questi cubi per secolo. Recando al quadruplo un tal numero per comprendervi l' ossigene consumato dagli altri animali, dalle combustioni, putrefazioni ecc., si avrebbero da 18 a 20 di quelle unità. Ammesse queste proporzioni, l'anzidetta quistione perde molto di sua importanza, giacchè vi vorrebbero 3 mila anni, perchè la diminuzione dell'ossigene dell'aria divenisse sensibile ai nostri mezzi d' osservazione, non calcolando le cause di compenso, che restituiscono all'aria l'ossigene perduto.

606. È al regno vegetale, che dobbiamo riferire la principale cagione, che regolarizza le proporzioni de' costituenti atmosferici. La vegetazione, sì nell'aria che nell'acqua, scompone l'acido carbonico, e fissa il carbonio svolgendo l'ossigene; operazione inversa a quella della respirazione.

607. *Temperature terrestri.* L'azione solare, di cui abbiamo già studiate le vicende, è la generale cagione delle varie temperature terrestri e atmosferiche, principale elemento da cui dipendono i climi, e le produzioni del suolo.

608. Il sole versa ogni anno sulla terra una quantità calcolabile di calore, e capace, secondo Pouillet, di fondere uno strato di ghiaccio che la coprisse, di 14 metri di altezza: ma le annuali vicende dell' azione

solare danno luogo a una varia ripartizione del calore solare, i cui effetti si modificano in ciascun paese e a ciascuna latitudine da cagioni locali, quali sarebbero, l'altezza al disopra dell'oceano, la natura del suolo, la vicinanza dei mari, l'indole dei venti dominanti ecc. Così si rimarcò, che le coste occidentali dei continenti sono più calde delle orientali, il che si attribuisce ai venti d'ovest sempre temperati, i quali valicano i mari, la cui temperatura non è mai nè troppo alta nè troppo bassa.

Da siffatte circostanze generali e locali nasce una diversa legge di riscaldamento e di raffreddamento, che dà luogo a una diversa temperatura media nei varii paesi.

609. *Temperatura media.* Si desume la temperatura media d'un luogo dalle medie annuali prese per un bel numero di anni. Le annuali si derivano dalle mensuali, e queste dalle giornaliere.

La media giornaliera si deduce da tre osservazioni fatte, una al levar del sole, l'altra a circa due ore pomeridiane secondo il paese, la terza al tramonto: o più speditamente si determina, prendendo la media delle due temperature massima e minima data dal termo-metrografo, ovvero ancora dalla temperatura del suolo a certa profondità variabile colla latitudine.

D'Humboldt, riunendo i punti del globo che godono di una eguale temperatura media, costruì le linee *isoterme.*

All' equatore la temperatura media è di 27,5 secondo quel fisico: ma forse di circa 29° nel continente africano.

A 16 circa gradi di latitudine boreale serpeggia la linea isoterma di 25°, che passa in America a Vera Cruz, traversa il mar rosso ed il golfo Persico.

La linea di 20° taglia la California a 28° di latitudine, si dirige tra Madera e Teneriffa, passa al nord d'Algeri, tra Candia e l'Egitto, e a Nankin nella China.

La linea di 15° passa nel Delawarè in America tra i 37° e 38° di latitudine, poi s'alza verso il nord e viene a toccar le frontiere settentrionali del Portogallo, passa al nord di Roma, discende nella Turchia settentrionale, e termina al Giappone meridionale per 32° di latitudine.

Segue l'isoterma di 10°, che tocca nuova York, Londra, Dunquerque, Praga, il mar nero, e l'isole Nipen del Giappone.

L'isoterma di 5° traversa lo stato del Maine in America, passa al nord delle isole Ferröe, taglia le coste di Norvegia a Drontheim, donde discende al sud delle alpi Scandinave, si dirige al nord di Stockolm, al sud di Mosca e alla costa asiatica.

L'isoterma di 0° passa al Labrador, in Islanda, al nord della Norvegia, al golfo di Botnia, e al Kamtschatka.

La temperatura del polo boreale si calcola essere tra — 8° e — 10°.

Ma voglionsi ammettere dei poli di freddo che non coincidono coi terrestri; e due se ne contano nell'emisfero boreale.

Or ecco le temperature medie di alcuni luoghi dell'emisfero boreale :

	Lat.	*Temp. C.*
Cumana	10°,20	27,0
Vera-Cruz	18 ,11	25,4
S. Croce di Tenariffa	18 ,28	21,6
Cairo	30 ,2	22,5
Algeri	36 ,48	21,1
Pechino	39 ,54	12,7
Napoli	40 ,50	17,4
Roma	41 ,54	15,7
Milano	45 ,28	13,2
Friburgo	46 ,48	9,0
Vienna	48 ,12	10,3
Parigi	48 ,50	11,0
Torino	45 ,4′,6″	11,70
Londra	52 ,30	10,3
Dublino	53 ,21	9,5
Edimburgo	55 ,57	8,8
Pietroburgo	59 ,56	3,8
Capo Nord	71 ,30	0,0
Forte-Entreprise	63 ,30	— 9,2
Isola Melville	74 ,45	— 18,5

610. La temperatura media d'un luogo non è quella che propriamente ne caratterizza il clima: una diversa distribuzione del calore annuo basta a dar luogo a climi affatto diversi, per ciò che concerne la esistenza degli animali, e le produzioni del suolo: però si distinsero le linee *isoteriche*, ossia di eguale temperatura media estiva, e le *isochimeniche*, ossia di eguale temperatura invernale.

611. *Temperature del suolo a varie profondità.* Si ammette dai fisici, che a certa profondità nel suolo havvi uno strato, a cui l' influenza solare ne' suoi annuali periodi non è più sensibile, sicchè quello strato conserva in ogni luogo una temperatura costante eguale alla temperatura media locale.

In questo strato si fan sentire le influenze giornaliere, che non si estendono oltre un metro dalla superficie del suolo, e le mensuali che possono estendersi ad 8 o 10 metri, mentre le annuali giungono a 16 metri.

Boussingault riferisce, che nell'America tropicale, dove la variazione annua è debolissima, basti collocare il termometro a 50 o 60 centimetri sotto il suolo per trovarvi la temperatura costante.

Sotto questo strato vuolsi, che la temperatura cresca d'un grado ad ogni 90 piedi parigini, la qual legge sarebbe consentanea all'ipotesi geologica di un calore *proprio* della terra.

612. *Temperature delle sorgenti.* L'acqua delle sorgenti non partecipa delle variazioni annuali, se proviene da serbatoi non situati al disopra dello strato di temperatura variabile, e può aver una temperatura eguale alla media locale, se provenga da questo strato medesimo: più sotto, l'acqua ha temperature tanto più elevate, quanto maggiore è la profondità de' suoi serbatoi, e però scaturisce alla superficie con temperatura superiore alla media del luogo, come lo vediamo nelle fonti dette *artesiane*, ossia pozzi trivellati.

613. Sovente però l'alta temperatura delle sorgenti termali è prodotta e mantenuta da cause locali, qual sarebbe la vicinanza dei vulcani. Molte di queste in

simili casi vanno pur soggette a periodiche eruzioni in cui misti a colonne d'acqua caldissima lancian fuori gaz, roccie, vapori ecc. Ne offre un esempio la famosa sorgente del Geyser in Islanda, le cui eruzioni salgono fino all'altezza di 300 piedi (*fig.* 104).

Ecco le temperature di alcune sorgenti.

Courmayeur (Piemonte)	34°,44
S. Gervais (Savoia)	36 ,66
Louèche (Svizzera)	52 ,22
Baguère (Francia)	58 ,88
Aix la Chapelle (Prussia)	61 ,66
Carlsbad (Boemia)	73 ,89
La Trinchera (America)	90 ,13
Reckum (Islanda)	100 ,00
Geyser (Islanda)	124 ,00

614. *Temperature dei laghi e del mare.* La temperatura dei laghi oscilla tra 4° e 5°, cioè intorno alla temperatura del massimo condensamento dell' acqua al disotto di 60 a 70 metri, secondo Saussure. Più presso la superficie deve partecipare della temperatura dell'aria e delle acque affluenti.

615. Incerte e poche sono ancora le notizie che si hanno sulla legge delle temperature medie dell'oceano e degli strati submarini. Verso i tropici la temperatura superficiale del mare tiensi abitualmente alquanto sopra la media dell'aria, quantunque il maximum dell'aria vinca quello dell'acqua; è perchè in questa l'oscillamento diurno è meno sensibile.

Alle più alte latitudini la temperatura dei mari è quasi sempre superiore a quella dell'aria.

In generale la temperatura diminuisce col crescere della profondità nei mari equatoriali, per quanto si si potè finora scandagliare. Sul che è da dirsi, che la profondità dell'oceano non fu ancora raggiunta nè determinata: i maggiori scandagli son quelli fatti dagli uffiziali della fregata francese *La Venere* che furono spinti a 2500 braccia, che vuol dire a circa 4500 metri.

Nei mari polari è singolare che la legge s'inverta, e che la temperatura verso il fondo e a misura che questo si avvicina, cresca fino a trovarsi di qualche grado superiore allo zero. Ciò mostra, che deve avervi una zona intermedia di temperatura costante. Del resto le grandi correnti oceaniche, e le altre secondarie che ne dipendono, devono conferire alla inequabile distribuzione delle temperature dei mari.

La esistenza di siffatte correnti, che dai mari glaciali corrono all'equatore inferiormente, mentre altre correnti superficiali e calde si dirigono dall'equatore ai poli, è ammessa generalmente. Tali correnti glaciali sarebbero però la cagione delle basse temperature trovate dai navigatori al fondo dell'oceano. Al fondo del mediterraneo parrebbe, che le temperature siano lungi dall'essere così basse, e che però in questo mare non penetrino quelle correnti, impedite d'altronde dalla poca profondità delle acque allo stretto di Gibilterra.

616. *Temperature atmosferiche.* La temperatura decresce a misura che ci eleviamo nell'atmosfera, e con tal progressione, che la differenza tra la temperatura estiva e l'invernale diminuisce col crescere dell'altezza. Alla distanza dal suolo considerato come sorgente di ca-

lorico per l'atmosfera, e all'influenza della rarefazione sugli effetti dell' irradiazione solare, deve attribuirsi un siffatto fenomeno.

La legge dell'accennato decrescimento dipende dalla temperatura del suolo, quindi varia nelle varie stagioni e alle varie latitudini: secondo SAUSSURE nelle zone temperate è di 230 metri d'altezza per ciascun grado di temperatura in inverno, e di 160 in estate. Nelle zone più fredde l'altezza relativa alla variazione di un grado risulta maggiore.

Però si vede che sul mare la legge delle temperature deve esser diversa da quella, che si verifica nei continenti, e che la natura del suolo, e soprattutto le catene dei monti devono modificarla. D'HUMBOLDT tenendo conto di tutte queste influenze, reca a 160^{m} l'altezza media, che entro i tropici corrisponde a una variazione di un grado.

617. *Nevi perpetue.* Una generale risultanza della decrescente temperatura atmosferica a misura che ci innalziamo, è il fenomeno delle nevi perpetue. Sappiamo, che di rado piove sulle alte montagne. Ma il limite inferiore delle nevi, cioè *la linea nevosa*, varia in altezza colla latitudine, e alla stessa latitudine dipende dalle influenze locali, giacchè il calore estivo fonde le nevi invernali a variabili altezze secondo i climi. Però una stessa catena di monti offre in uno stesso luogo linee nevose diverse sulle due falde. Può vedersi l'abbassamento di questo limite col crescere della latitudine dalla seguente tavola.

Luoghi	*Latitudine*	*Limite*
America (le Ande)	16°,0°	5300^{m}
Hymalaïa falda sud	30°,0°	3900
» » nord		5000
Ararat	39°,0°	4320
Pirenei	42 ,45	2730
Caucaso	45 ,30	3330
Alpi	45 ,30	2630
Norvegia	60 ,0°	1660
»	71 ,10	715
Spitzberg	79 ,30	0

Venti.

618. I venti sono correnti d'aria prodotte dagli squilibrii che succedono nelle pressioni e densità normali dell'atmosfera.

La causa generale di siffatti squilibrii è l'azione solare, la quale dà luogo nell'oceano aereo ad un continuo perturbamento, che come quello dell'oceano marino forma uno dei mezzi, di cui la natura si serve per la distribuzione delle temperature sui varii punti della superficie terrestre.

619. Distinguonsi i venti in *costanti*, *periodici* e *variabili*, e si denominano dalla parte dell'orizzonte da cui spirano.

I quattro principali detti anche cardinali, sono *Nord*, *Sud*, *Est*, *Ovest*, ossia *Tramontana*, *Mezzogiorno* o *Austro*, *Levante* e *Ponente*. Fra questi si hanno i *collaterali* di prim'ordine, cioè *Nord-Est*

ossia *Greco*, *Sud-Est* o *Sirocco*, *Sud-Ovest* ossia *Libeccio*, e *Nord-Ovest* ossia *Maestro*.

Fra gli anzidetti otto venti se ne contano altrettanti *collaterali* di second' ordine, significati da quelli in mezzo a cui spirano. Così si dice Nord-Nord-Ovest, e si scrive N-N-O il vento che spira tra tramontana e maestro. Fra i sedici venti sopradescritti se ne considerano finalmente altri 16 che diconsi *quarte*, cosicchè di 32 direzioni chiamate arie o *rombi*, viene a comporsi la così detta *rosa de' venti*. Anche le quarte si denotano facilmente dai venti, a cui sono intermedie. Così si dice Quarta di Sud verso Sud-Sud-Ovest la quarta prossima al Sud verso Ovest, o con più di precisione usando della divisione sessagesimale e scrivendo la distanza in gradi dal Nord o dal Sud, come N 11°,25' O, N 78° E, S 33° O.

620. Varia la velocità del vento da mezzo metro a 45 metri per secondo. Ma a questo maximum di velocità prende il nome di *uragano*.

La velocità del vento si misura da quella dei corpi leggieri, che il vento trasporta. Ma il miglior mezzo, quando è applicabile, è di misurar la velocità dell'ombra dei nugoli più elevati.

La direzione vien poi determinata da una girandola o banderuola, il cui asse è munito d'un raggio, che scorrendo sulla rosa dei venti indica la plaga da cui vengono.

621. I venti si distinguono pure giusta la varia loro indole in *costanti periodici* e *variabili* o *irregolari*.

Costanti o alizei diconsi quelli, che spirano nella zona torrida dal nord-est nell'emisfero settentrionale, e dal sud-est nell'emisfero meridionale. HADLEY diede

il primo una teoria di questi venti nel 1755, deducendola, come poi fece La-Place, dall'azione solare. Questa dà luogo, per la forte rarefazione che produce dell'aria in quella zona, a due correnti inferiori d'aria fredda, che dai poli tenderebbero all'equatore, e a due superiori d'aria calda, che dall'equatore tenderebbero verso dei poli.

Or le correnti inferiori dotate essendo di una velocità di rotazione minore di quella, di cui i corpi più prossimi all'equatore partecipano, vengono urtate da questi coll'eccesso della loro velocità; sicchè l'osservatore soggetto a tal reazione crede che spiri un vento nella direzione segnata dalla risultante delle due velocità, l'una parallela, l'altra perpendicolare all'equatore. Propriamente parlando, l'effetto di questa reazione è di sua natura progressivo, e diventa massimo nelle zone intertropiche. Però il vento, che originariamente sarebbe vento del nord, comincia un poco a cangiar direzione, a misura che si procede verso l'equatore.

622. *Venti periodici* o *mossoni*. Venti periodici diconsi quelli, i quali per alcuni mesi dell'anno spirano in una direzione, e per altrettanti mesi nella direzione opposta, ad eguali intervalli. Tali sono i così detti *mossoni* dell'oceano indiano.

Dove ripete questi venti dalla stessa cagione generale che produce gli alizei, e va svolgendo, appoggiato a un sistema imponente di osservazioni e di prove, l'idea, che i venti generali e quelli eziandio delle zone temperate e fredde non siano in ciascun emisfero, che una risultanza complessa del conflitto di due correnti primarie, l'una *polare*, cioè che

dal polo va all'equatore, l'altra *equatoriale*, che dall'equatore va al polo; e si sforza di dimostrare, come per l'ordine in cui si succedono, e per le modificazioni che soffrono dalla rotazione terrestre, or l'una di queste correnti preponderi all'altra, la sposti e la compenetri, e a quella si sostituisca, per poi cedere essa stessa a vicenda al predominio di quella: nella quale alternativa di mutazioni, osservasi per altro una cotal legge, che queste si compiono d' ordinario girando il vento nel senso *sud ovest nord est sud* pel nostro emisfero, e in senso opposto nell'altro.

623. Oltre i venti generali sopradescritti, vi sono altri venti accidentali e irregolari, dipendenti anche essi dall'azione solare, ma essenzialmente connessi alla locale influenza del suolo, e ai condensamenti del vapore atmosferico. Tali sono i venti temporaleschi, e quelli detti *terrestri* e *marini*, ossia brezze di mare e di terra, che spirano sulle coste del mediterraneo in certe stagioni dell'anno, nel giorno dalla terra al mare, e di notte dal mare alla terra.

Tale avvicendamento è un effetto manifesto dei cangiamenti di densità, che succedono nell'aria atmosferica; posciachè nel giorno la terra riscaldasi e nella notte raffreddasi, mentre il mare conserva una temperatura intermedia, che non cangia sensibilmente. Indi avviene, che l' aria soprastante alla riva essendo più fredda nella notte di quella che soprasta al mare, va dalla riva al mare, mentre nel giorno l'aria del mare è men calda di quella della riva, e va dal mare alla riva, a temperarne l'arsura.

624. *Uragani*. Gli uragani sono venti impetuosi sovente accompagnati da densi nugoli e da tempesta, i quali

per la loro velocità, che talora è di oltre 30 leghe per ora, schiantano alberi, abbattono gli edificii, sommergono le navi. Gli uragani son frequenti specialmente sulle coste occidentali d'America, e FRANKLIN osservò, propagarsi i medesimi verso la parte da cui soffiano, ed essere però venti *d'aspirazione*. Potrebbe riferirsi la loro origine a un subito condensamento del vapore acqueo, seguito da un rapido precipitarsi di masse atmosferiche.

625. *Trombe*. Le trombe, dette altrimenti *turbini*, *tifoni*, sono colonne di denso vapore agitato da un moto verticoso e progressivo, per lo più in forma di cono, aderenti per la base alle nuvole onde discendono sulla terra. Nel loro incerto cammino schiantano, sollevano, disperdono in ischeggie in frantumi alberi e case: terribili ai naviganti se si formano sul mare, ne sollevano spiralmente le acque, cui scagliano da tutte le parti, mentre il lampo ed il tuono che sovente vi si ingenerano, annunziano come abbia parte l'elettrico in sì straordinaria meteora.

I marinai squarciano e sovente riescono a disperdere la meteora con colpi di cannone. Tal fatto avverato e studiato nelle sue circostanze potrà condurre a plausibili conghietture sulla natura degli agenti, che intervengono nella produzione di questo singolare fenomeno.

Talvolta le trombe piombano da nembi elevati, ma più sovente da neri nugoli vicini al suolo o alle acque, dai quali discendono. Il capitano BECCHEY ne vide una sul mare che avea tre coni (*fig.* 105.)

Può dirsi, che una teoria sicura di questi singolari fenomeni non fu ancor data. PELTIER va dichiaran-

doli, assomigliando una tromba a un conduttore imperfetto tra il suolo e una nuvola fortemente elettrica, e derivando da effetti di tensione elettrica e di elettrica corrente quelli, che accompagnano simili meteore.

Meteore acquee.

626. *Rugiada.* Quell'umido di cui nella notte ricopronsi i corpi in tempo tranquillo e sereno, dicesi rugiada.

Nasce tal fenomeno, dacchè raffreddandosi il suolo per raggiamento, l'aria soprastante e contigua se ne raffredda a vicenda fino al punto di deporre una parte del suo vapore. Così vediamo in estate una bottiglia piena d'acqua fresca appannarsi d'un velo di umidità, che l'aria circostante vi va depositando.

Quando il tempo è coperto, e specialmente se tal circostanza si combina con un'aria agitata, non vi ha rugiada; e perchè le nuvole rinviano alla terra per raggiamento il calorico che la terra ad esse tramanda, e perchè i varii strati atmosferici recandosi in gran numero a lambire i corpi, cedono ai medesimi una parte del loro calorico, sicchè, mentre compensano la perdita che quelli ne fanno, non hanno tempo essi stessi di raffreddarsi sensibilmente.

Ma se il vento è contrario alla formazione della rugiada, una lieve agitazione dell'aria la favorisce. Ove infatti l'aria fosse del tutto immota, il solo strato prossimo al suolo abbandonerebbe la propria umidità.

I corpi più raggianti e coibenti, come il vetro, la lana, le piume, le erbe, la paglia, sono quelli, che più si ricoprono di rugiada, perchè mentre molto si raffreddano, poco di calorico assorbono dalla terra.

Può farsi lo sperimento d'una lastra di metallo brunita, e d'un'altra scabra, con una terza di vetro, e un ciuffo di lana ecc.: si vedrà, che in somiglianti circostanze la prima lastra non sarà irrorata, le altre lo saranno molto, e più ancora la lana.

In luoghi aperti e sfogati, non potendo i corpi barattare il loro calorico per raggiamento, dovranno assai più irrorarsi, che in vicinanza di qualche pianta o d'un muro.

La rugiada, richiedendo un certo grado di umidità nell'atmosfera, formasi abbondante nei paesi vicini ai mari; mentre è quasi sconosciuta nei deserti d'Africa e d'Asia.

627. *Brina.* La brina è rugiada congelata. Formasi in quelle epoche dell'anno, in cui il freddo prodotto dal raggiamento notturno fa discendere la temperatura del suolo allo zero, quella dell'aria trovandosi più elevata. I suoi effetti son sovente funesti alle piante dilicate, e per guarentirnele basta talvolta coprirle con una leggera stuoia di paglia, o con altro riparo impedire la disperdizione del loro calorico.

I corpi si coprono anche di vapore o nebbia congelata, quando dopo un lungo freddo sopravvengono venti umidi e caldi, che vi depongono sopra l'umidità che contengono.

628. *Nuvole* e *nebbia.* Sono le nuvole, secondo SAUSSURE, ammassi di vapori *vescicolari*, così detti per la forma che hanno di vescichette cave come le bolle di saponata. FRESNEL ed altri le voglion invece formate di veri globoli acquei, ma così piccoli da non potervisi produrre il fenomeno dell'arco baleno.

Dà luogo d'ordinario alla formazione delle nuvole

un abbassamento di temperatura prodotto dal miscuglio di due arie una calda e l'altra fredda. Se queste siano sature di vapore, o prossime a saturazione, producono nel mescolarsi un'aria sopra-satura, e quindi una condensazione di vapori, stante la legge della maggior proporzione in cui cresce la elasticità del vapore, relativamente alla temperatura (§ 409).

Il come questi vapori vescicolari, che per la loro pellicola son più pesanti dell'aria, vi si mantengano pensili, non è ancora spiegato. Certo è, che le nuvole aver denno un peso specifico minore dell'aria circostante, il che dipender deve 1.° dal non esser questa come quella delle nuvole satura di vapore; 2.° forse da una più alta temperie, che accrescerebbe la differenza di peso specifico; 3.° e probabilmente dallo stato elettrico dei vapori vescicolari. Nel giorno poi dee conferire alla leggerezza delle nuvole l'azione solare. Però le vediamo più alte di estate che d'inverno, più nell'ora calda del giorno, che al mattino o alla sera.

Le nebbie che si formano sui laghi, sui fiumi, nelle valli ecc., e in generale nelle basse regioni dell'atmosfera, hanno la stessa origine delle nuvole. Una lieve ventilazione è d'ordinario la cagione che le produce.

Spesso si formano nel declinare del giorno, e il sole le dissipa al mattino.

Quelle che formansi sui colli e sulla cima nevosa dei monti, diventano nuvole come quelle che si formano in seno all'atmosfera, se il vento le trasporti senza discioglierle.

I paesi che, come l'Inghilterra e Terra-Nova, hanno

in autunno, in inverno e in primavera un'aria umida e fredda, relativamente alla temperatura dei mari, sono frequentemente coperti da dense nebbie, a cagione dei venti generali.

629. *Pioggia.* Lo sciogliersi delle nubi in gocciole acquee forma la pioggia. Non si conosce la vera teoria d'un simil fenomeno, ma può dirsi, esser questo dovuto ad un abbassamento di temperatura prodotto dalle cagioni stesse, per cui si formano le nuvole, epperò sovente dall'incontrarsi delle nuvole stesse. Conforme a tal principio è l'osservazione, che le pioggie, a pari differenze di temperatura, risultano più abbondanti nella calda stagione che nelle altre epoche dell'anno, più verso la zona torrida che in altri climi. Se un cangiamento nello stato elettrico vi concorra, è argomento di congettura. Tuttavia vedremo, come sia verosimile il riguardar le nuvole come corpi sempre più o meno carichi di elettricismo.

Singolare è il fenomeno osservato sotto i tropici da Becchey sul mare e da D'Humboldt in terra di un piovigginare a ciel puro e sereno.

Sovente a tempo freddo e sereno si vedono pure in Europa piovere cristalli raggruppati d'acqua gelata.

Spessissimo poi quando il suolo è molto raffreddato la pioggia congelasi appena caduta, formando il *gelidicio.*

630. *Neve.* La neve nasce dal congelamento dei vapori dell'atmosfera, che si cristallizzano per lo più sotto forma di stellette a sei raggi in un'aria tranquilla. Se l'aria è agitata, queste si raggruppano in fiocchi irregolari.

Molte e bizzarre sono le forme di tali stellette

(*fig.* 106 *a*, *b*, *c*, ecc.), e Scoresbey ne contò fino a 48. Queste cadono talvolta senza nuvole nelle regioni polari.

La neve sovente si strugge in pioggia cadendo, onde veggiamo allora nevicare al monte, e piovere al piano.

Curioso fenomeno è quello della *neve rossa*, che si scorge soltanto laddove le nevi sono perpetue. Tal colorazione è dovuta ad una specie di fungo (*uredo nivalis*), che vi vegeta sopra, e ad animaluzzi microscopici che vi si rinvennero.

631. *Pioggie prodigiose.* Molte sostanze d'origine minerale vegetale ed anche animale son sovente trasportate nelle regioni atmosferiche, e vanno a deporsi or miste alle acque o alla neve, or non miste, producendo quelle pioggie straordinarie dette di *sangue*, di *cenere*, di *sassi* ecc., riferite negli annali meteorologici. I turbini, gli uragani, i vulcani, possono esser ministri di un tale trasporto, e dar luogo a quelle inusitate pioggie. Ciò non ostante non sembra potersi assegnare a tal cagione la caduta di que'corpi meteorici, che chiamansi aereoliti, la cui apparizione va spesso accompagnata da fenomeni luminosi, e da circostanze, che li fan supporre di origine cosmica.

632. *Grandine.* La grandine è una pioggia di ghiacciuoli, o granelli di vapore gelato. Variano assai le opinioni sulle cagioni prossime di questa meteora; e specialmente sul modo, con cui interviene l'elettrico nella sua formazione, giusta l'idea, che questo ne sia la causa predisponente o determinante.

Alcune osservazioni tendono a dimostrare, come l'incontro o la superposizione di due nugoli possa determinare un tal fenomeno, il che indicherebbe ad

un tempo, e l'origine del forte freddo necessario al congelamento dei vapori, e quella delle scariche elettriche che lo precedono e l'accompagnano. Volta, a spiegare una tanta produzione di freddo avea ricorso ad una forte evaporazione nella parte superiore delle nuvole grandinose, e per dar ragione dell'ingrossamento talvolta enorme dei granelli di grandine, suppose, che succedesse di questi fra gli strati diversamente elettrici delle nuvole, come dei corpicciuoli leggeri fra due piatti conduttori nel fenomeno del ballo-elettrico.

Conforme a tale opinione pareva l'interna struttura stessa della grandine, per lo più constando i singoli granelli di un nucleo nevoso bianchiccio, e di strati concentrici alternamente limpidi e opachi, indizio del successivo loro incrostarsi di vapore gelato nel supposto ballottamento.

Ma come estendere tal teoria alla grandine che cade di notte? Diciam dunque, che la teoria della grandine non è ancora stabilita.

Meteore elettriche ed ignee.

633. *Elettricità atmosferica.* La evaporazione, non per se stessa, ma per le chimiche reazioni che l'accompagnano, è una fra le precipue cagioni della elettricità atmosferica. Le altre chimiche operazioni, che succedono alla superficie e nell'interno del globo organiche ed inorganiche, vi contribuiscono verosimilmente.

Per l'influenza complessa di tutte queste cagioni risulta, che l'atmosfera in tempo sereno ha costante-

mente un eccesso di elettricità vitrea o positiva, mentre la terra si trova in istato di elettricità negativa.

In tempo rotto e nuvoloso, l'elettricità atmosferica ora è positiva, or negativa, ed or nulla: la terra sempre in istato elettrico opposto.

Matteucci inclina a credere una ed identica la cagione onde dipendono le correnti terrestri, e lo stato elettrico dell'atmosfera.

Le nuvole sono probabilmente in origine elettriche, e per la loro facoltà semiconduttrice possono riguardarsi come ricettacoli dell'elettricità atmosferica, cui vanno di continuo raccogliendo coi vapori che vi si vanno addensando. Nei giorni caldi e nelle ore calde, abbondante essendo l'evaporazione, più dense e più conduttrici le nuvole, forte l'elettricismo delle regioni elevate; deve questo più intenso accumularsi alle parti esterne di quelle masse ondeggianti, e farsi cagione di lampi e di tuoni. Però la estate è la stagione favorevole ai temporali.

634. In tempo sereno l'elettricità atmosferica ha due giornalieri periodi, uno d'accrescimento, l'altro di diminuzione. Taluno li vorrebbe connessi alle cause stesse delle variazioni magnetiche, altri li ravvisa in tanto connessi all'azione solare, in quanto questa influisce sulle condizioni igrometriche dell'aria, per le quali ora l'elettrico s'addensa nelle alte regioni in un coi vapori che vi si sollevano, or con questi discende sulla sera al formarsi della rugiada, che lo ridona alla terra. Quindi l'elettrometro accusa una minima elettricità nella notte, ma che cresce al mattino nel sollevarsi dei vapori, sino alle 11; decresce poscia e

ripiglia ad aumentare a 3 ore avanti che il sole tramonti, si fa massima sul cadere della rugiada, stazionaria a notte avanzata, e ricomincia a crescere al mattino seguente. Con ciò si va dichiarando, come avvenga, che l'elettrometro indichi una elettricità maggiore in inverno che in estate, ancorchè questa in estate si manifesti così energica nelle regioni delle nuvole.

Tali sarebbero le dottrine generalmente ammesse sull'elettricità atmosferica. Ma ecco, che il sig. Peltier reca in campo una nuova ipotesi, la quale sarebbe di considerare lo spazio celeste come positivamente elettrico, e il globo come in istato elettrico negativo.

L'aria non sarebbe a tempo sereno niunamente elettrica, e i segni elettroscopici che manifesta si dovrebbero attribuire a quelle due elettricità. Però non altrimenti che per induzione riceverebbero le nuvole la loro elettricità accidentale, che per altro può manifestarsi diversa nelle medesime, giusta le circostanze, e le vicende dei condensamenti e delle rarefazioni che subiscono per l'azione solare alle varie altezze.

Una tale ipotesi abbisogna ancora di prove, non essendo così facile il concepire uno stato di elettrica tensione, laddove non havvi materia ponderabile.

635. *Fuochi di S. Elmo.* Quei fuochi o chiarori, che sovente in tempo di burrasca appariscono sulla punta degli alberi delle navi, chiamano i marinai fuochi di S. Elmo, dal nome di quel santo Vescovo Siciliano lor protettore. L'apparizione di un tal fenomeno ha luogo anche in terra sulle croci e sulle banderuole, che sormontano i campanili e le torri, e fu pur rimarcata

dagli antichi. Plinio riferisce d'avere egli stesso veduto simili splendori sulle picche dei soldati Romani. La loro spiegazione non è più nè dubbia nè difficile dopo quanto conosciamo sulla elettricità atmosferica, e sul modo di agir delle punte (§ 444).

636. *Fuochi lambenti.* Chiamansi fuochi lambenti certi splendori, che fur visti fiammeggiare sul capo o in altre parti del corpo di certi individui, come narrasi di Tullio Ostilio. Vogliońsi attribuire a un particolare sviluppo di elettrico dipendente da condizioni fisiologiche particolari.

637. *Fuochi fatui.* Diconsi fuochi fatui certe fiammelle, che spesso risplendòno di notte tempo ne' luoghi palustri e ne' cimiterii, erranti qua e là a seconda del più lieve soffio di vento; sono effetto di un gaz infiammabile (*gaz idrogene perfosforato*), che si sviluppa da que' luoghi, e che al contatto dell'aria brucia per la sua natura stessa accensibile.

638. *Bolidi e stelle cadenti.* I bolidi sono globi di fuoco caudati, che strisciano d'improvviso e obbliquamente nell'aria dall'alto al basso, talvolta d'una grandezza apparente pari a quella del disco lunare, e non men di questo splendenti, i quali si dileguano per lo più prima di giungere a terra con forte scoppio, susseguito dalla caduta dei *meteoroliti*, pietre di particolare struttura e composizione.

Le stelle cadenti possono somigliarsi a' piccoli bolidi, tutto portando a credere, che hanno la stessa origine.

639. Havvi opinione, che siano corpi cosmici, o *asteroidi*, come Herschel gli chiama, appartenenti all'infinito numero di quelli, che si supporrebbero girare

intorno del sole, cui la terra raccoglierebbe per attrazione nel suo annuo cammino, e che s' infiammerebbero giunti ad invadere l'atmosfera.

Conforme a tal congettura è il fatto della loro abituale direzione contraria al moto della terra nella sua orbita, e la loro apparizione periodica a certe epoche dell'anno.

640. Era pur già stata rimarcata la simultaneità di questa apparizione e di quella delle aurore boreali, che fece sospettare a WARTMANN una comune origine di questi fenomeni: or ecco che il sig. BRAVAIS uffiziale della marina francese conferma il fatto, che nelle notti ricche di stelle cadenti, si può con probabilità congetturare una prossima apparizione di aurore boreali. Ciò stabilirebbe evidentemente un nesso reale fra i due fenomeni.

641. *Aurore boreali.* Così si chiamano que' singolari splendori, che dalla parte del nord e in tempo di notte si manifestano nelle alte latitudini, e si lasciano talvolta vedere anche da noi benchè con caratteri meno imponenti. Schiude d'ordinario il fenomeno una luce diffusa, e un succedersi di lampi o getti luminosi, che verso la plaga settentrionale si spiccano dall'orizzonte, e si dirigono allo *Zenit*: due colonne luminose sorgono poscia l'una da oriente, l'altra da occidente, le quali s' incurvano in arco, cingendo una fosca nube, e formando come una zona di varie tinte più o meno decise. Da quella zona e dai lati di essa continuano intanto a spiccarsi più vividi e frequenti i getti luminosi, che talvolta si ricongiungono, e si concentrano in un piccolo spazio, dando origine a corone *zenitali* splendenti dei più vivi colori. A quel momento

la meteora è giunta al suo maximum, e dopo alcun tempo i splendori s'indeboliscono, le corruscazioni si fan più rare, e la meteora gradatamente si riconcentra all'orizzonte, e finalmente dileguasi.

642. È osservabile che queste meteore sieno annunziate da perturbazioni nell'ago calamitato, e da cangiamenti d'intensità magnetica: e un'altra circostanza ben degna d'attenzione è l'orientarsi della meteora per rapporto al meridiano magnetico.

643. Una quistione importante per la teoria di questa meteora è senz'altro quella del sapere, se la medesima sia come l'iride un fenomeno *di posizione*, o veramente si produca là dove si vede, e tutti la vedano nel medesimo luogo. Or Biot non trovò segni di polarizzazione nella luce delle aurore boreali, il che proverebbe esser vera la seconda tesi.

Diverse osservazioni parallatiche proverebbero d'altronde, che la meteora si compie verso i limiti della nostra atmosfera, e tutto parrebbe indicare, esser questa un prodotto di forti squilibrii elettrici. Faraday va congetturando, che possa tal fenomeno non essere straniero ad effetti d'induzione magneto-elettrica, dovuti alla rotazione terrestre.

Meteore lucide.

644. *Arco baleno.* Quell'arco vario-pinto, che sovente si forma in faccia al sole lucente nel seno d' una nuvola che disciogliesi in pioggia, è l'arco baleno ossia l'*iride*.

Producono questo vago fenomeno i raggi stessi solari R M (*fig.* 92) scomposti e rinviati per rifrazione e

riflessione dalle gocciole acquee pensili nell'atmosfera. Quindi i suoi colori sono i colori prismatici, che formano altrettante zone o frangie circolari, fra le quali più discernibili sono la esterna che è rossa, e la interna violetta. Spesso oltre quest'iride, che è detta *primaria*, se ne scorge una *secondaria* formata da altri raggi R N superiore e concentrica alla prima, i cui colori si presentano in ordine inverso.

Sia L K un raggio che percote una goccia sferica d'acqua in K (*fig.* 93), e che rifratto nell'interno di essa cada sul suo concavo in I, si rifletta poscia in K', ed emerga nell' aria nella direzione K'L', formando con quella del raggio incidente LK *l'angolo di deviazione* LSL'. È manifesto, che tal raggio così una volta riflesso e due volte rifratto non rientra nell'aria, che diviso nei suoi primitivi colori. Lo stesso avviene degli altri raggi incidenti, che invadono il globetto liquido, ma varia essendo la loro incidenza, avviene che, tanto i raggi di diversa specie, quanto i raggi omogenei che li compongono non emergono paralleli ma divisi e dispersi in mille direzioni.

Ora per tal dispersione, niuno di questi raggi potrebbe, arrivando alla pupilla, produrvi una sensibile impressione. Ma Newton dimostrò, che l' angolo di deviazione, tuttochè variabile da una all'altra specie di raggi, come da un raggio all'altro della specie medesima, ammette per ciascun colore un maximum, e che per ciò stesso i raggi incidenti omogenei vicinissimi a quello che corrisponde a tal maximum di deviazione, emergono mantenendosi paralleli, e formando con esso un fascetto di raggi, che furon detti *efficaci*, per essere i soli capaci di produrre una di-

stinta sensazione. Un simile angolo è di 42° 2′ per il rosso, di 40° 17′ per il violetto, e di un valore intermedio per gli altri colori.

Se dunque s'immagini uno spettatore collocato in I (*fig.* 92) tra il sole e la nuvola, e una visuale I M, che rappresenti un raggio efficace di un dato colore, girata attorno a descrivere un cono circolare col vertice nella pupilla, intorno alla retta che passa per questa ed il sole (detta *asse di visione*), tal visuale incontrerà manifestamente nel suo moto tutte le goccie, che per la loro posizione trasmetteranno allo spettatore il colore medesimo. Se questo sia il rosso, lo spettatore vedrà un arco rosso, e se violetto, un arco violetto. Ma il primo apparterrà a un circolo di raggio eguale a 42° 2′, e l'altro a un circolo il cui raggio sarà di 40° 17′.

645. L'iride secondaria nasce da que' raggi, che han sofferto dentro alla goccia due riflessioni. L'angolo di deviazione, che dà i raggi efficaci violetti, è quivi di 54° 7′, e supera quello dei rossi, che è di 50° 57′. È per questo, che il violetto forma la frangia esterna dell'arco luminoso, e il rosso la interna. Segue pure, che la differenza di questi due angoli, che è di 3° 10′, darà la larghezza dell'iride secondaria, come 1° 45′, che è la differenza tra 40° 17′, e 42° 2′ darà la larghezza dell'iride primaria, mentre la differenza tra l'estremo rosso di questa e l'estremo rosso dell'altra, che è di 8° 55′, corrisponderà alla distanza delle due iridi.

646. Finalmente si vede, come dalla varia altezza del sole dipender debba il vario aspetto dei due archi. Saranno questi un semicerchio, il sole essendo all'o-

rizzonte, ma scemeranno a misura che il sole sarà più alto: l'iride primaria sparirà affatto per una altezza di 42°, e l'iride secondaria per una altezza di 54.

647. La teoria non rende ancora ragione dei così detti *archi supplementarii*, che sono sottili bande contigue e ben decise di un verde porporino che scorgonsi sotto il rosso dell'arco principale. Arago gli attribuisce ad interferenze luminose prodotte da piccole goccie acquee, e ne trae la conseguenza, stando vera tale spiegazione, che siccome nelle regioni tropicali quel fenomeno non si osserva, così le gocciole di pioggia in quelle regioni devono esser più grosse.

648. *Fata Morgana.* Sopra terreni che il sole riscalda gagliardamente, come sulle arse pianure di Egitto, osservasi frequentemente un fenomeno ottico singolarissimo. La pianura presenta l'aspetto di una generale inondazione, sotto la cui superficie cerulea appaiono rovesciati e quasi riflessi gli alberi e i villaggi lontani, che sorgono al disopra di essa.

È questo un effetto della legge di rifrazione: ed ecco come si spiega: fra i raggi che emanano dai varii punti di un oggetto, altri vanno direttamente all'occhio recandone a questo l'immagine (*fig.* 91), altri si dirigono verso la superficie riscaldata dal suolo, dove gli strati aerei riscaldati per essa ne son rarefatti al punto, da acquistare, a certo limite, una densità decrescente, a misura che sono più prossimi alla superficie accennata. Indi avviene, che per tale progressivo decremento di densità negli strati inferiori, i raggi che li traversano s'allontanano progressivamente dalla verticale, finchè, presentandosi sotto

un angolo troppo piccolo per penetrare nello strato inferiore, rimbalzano al disopra descrivendo nel loro corso una *traiettoria* colla convessità rivolta alla terra, sicchè giungendo all' occhio vi portano una seconda immagine rovesciata degli oggetti onde emanano.

Tal rimbalzo succede tuttavolta che l'angolo d' incidenza è inferiore al così detto *angolo limite*, cioè a quello, che corrisponde, secondo la legge Cartesiana, ad un angolo di rifrazione di 90°, il che come si scorge non può avvenire, che pel caso in cui il raggio incidente passi da un mezzo in un altro men rifrangente.

649. Il fenomeno di cui si parla succede anche sul mare, dove per la diversa legge di densità negli strati atmosferici, i raggi vi s' incurvano inversamente. Però si vedono come sospese in aria e talvolta moltiplicate e capovolte le fantastiche immagini delle coste lontane, e delle barche che veleggiano a qualche distanza.

Il Dott. Vince riferì varii casi singolari da lui veduti di tal fenomeno. Un giorno vide egli a Ramsgate verso l'orizzonte, un vascello la cui immagine stava rovesciata al disopra, ma distintissima e regolarissima (*fig.* 99). Un altro giorno vide un'altra barca, che gli offrì invece il fenomeno di un' immagine rovesciata, ma collocata al dissotto (*fig.* 100).

650. Un effetto di rifrazione analogo a quello di cui si tratta è simboleggiato in quel moto tremolo degli oggetti veduti al di là di un piano o muro riscaldato da un sole ardente, e può anche riprodursi artificialmente, riempiendo di carboni accesi una cassa di latta, e riguardando gli oggetti posti sulla visuale rasente le facce laterali di essa.

651. *Aloni.* Appaiono talvolta il sole e la luna circondati da una lucida aureola formata or d'uno or di due cerchii colorati detti *aloni* o *corone.*

Sono questi prodotti dalla rifrazione della luce a traverso prismi di ghiaccio sospesi nell'atmosfera. Si sa infatti, che questi prismi offrono angoli di 60° e di 90°. Ora i valori dei raggi di que'due cerchi sono tali, che il minore di 22° corrisponde alla deviazione massima della luce in un prisma di 60°, e il maggiore di 48° alla deviazione massima di un prisma di 90°. Per altra parte Arago trovò per mezzo del polariscopio, che quella luce era veramente luce rifratta.

652. *Parelii, paraselene.* Sono i parelii, vaghe e brillanti immagini del sole, che appaiono per lo più sopra un bianco cerchio orizzontale il quale le unisce a questo astro, ora oppositamente al medesimo e senza colori, ora lateralmente e coi colori dell'iride (*fig.* 107), laddove il cerchio orizzontale incontra l'alone di cui il sole è centro. Vedonsi pur talvolta delle porzioni di cerchio tangenti all'alone, e ai punti di tangenza appariscono altri parelii bislunghi, più o meno vivaci.

653. I paraseleni sono apparizioni analoghe di false lune.

La Teoria di questi fenomeni non è ancor ben conosciuta: fu osservato che quando succedono, l'atmosfera è ingombra di vapori ghiacciati: l'assenza d'ogni colorazione nelle imagini non attinenti allo alone, e nel cerchio orizzontale, può far credere, che non dipenda la loro produzione da luce rifratta.

654. Il barometro va soggetto ad oscillazioni periodiche e giornaliere, e ad altre variazioni irregolari attinenti alle mutazioni di tempo, che si succedono nel periodo annuale, a seconda delle stagioni e dei climi.

655. *Variazioni diurne.* L' oscillamento giornaliero di ascesa e di discesa che soffre il barometro, presenta due massimi e due minimi: cioè un primo minimo alle 4 del mattino, un primo massimo alle ore 10, un secondo minimo fra le 3 e le 5 di sera, e un secondo massimo alle 11. Queste ore critiche variano un poco colle stagioni e colle altezze, e la media estensione dell'oscillamento totale diminuisce col crescere della latitudine, essendo di $2^{mill.}$,28 all'equatore, di $1^{m.}$ alle nostre latitudini, e quasi nulla alla latitudine di 62°.

656. La causa di un tale oscillamento s'attribuisce all'azione solare, la quale influirebbe in due modi opposti sulla pressione atmosferica, secondo Dove: posciachè la temperatura diminuirebbe la densità e la pressione dell'aria, ma accrescerebbe la tensione del vapore acqueo. Ora al mattino il secondo effetto prepondera al primo, ma dopo il meriggio succede il contrario: indi l'origine del primo massimo e del primo minimo. Due effetti analoghi si verificano declinando il giorno e a notte avanzata, e da questi derivano l'altro massimo e l'altro minimo.

657. Il flusso e riflusso dei mari ha pur qualche parte al fenomeno di cui ragioniamo, e, benchè assai meno, v'influisce pure l'azione diretta della luna e del sole.

658. *Variazioni irregolari.* Assai complessa è l' indole delle variazioni barometriche attinenti ai cangiamenti atmosferici, e al succedersi delle stagioni, stante la moltiplicità delle influenze accidentali e locali, che alterano il generale andamento dell'azione solare nel periodo annuo, e degli effetti che ne conseguono, giusta la varia latitudine, e la varia costituzione dei climi.

Però siffatte variazioni sono pochissimo sensibili all'equatore, dove il periodo giornaliero manifestasi scevro dalla loro influenza; mentre l'estensione media delle medesime è di circa 15 linee (34 millimetri nel nord dell'Europa).

659. E veramente, che l'azione solare sia la causa generale e primaria delle variazioni del barometro, si deduce da ciò, che i soli cangiamenti di pressione procedenti dalle varie proporzioni e condensazioni del vapore atmosferico, non potrebbero rappresentare, che una piccola frazione di tali variazioni.

Al contrario il vario distribuirsi delle temperature nelle altre zone col succedersi delle stagioni, turbando fortemente l'equilibrio fra le pressioni atmosferiche, affetta necessariamente il barometro, mentre produce i venti generali, ministri ordinarii, come ognun sa, della serenità e della pioggia.

Però ad aver nel barometro un vaticinatore non infedele delle mutazioni, che si preparano nell'atmosfera, è necessaria anzitutto la cognizione dei veri rapporti che ha tale strumento col termometro, e colla legge con cui si succedono i venti generali dalle varie plaghe dell'orizzonte, la qual cognizione sulla successione dei venti congiunta a quella dei loro caratteri baro-

metrici, termometrici ed igrometrici non può evidentemente desumersi, che da una lunga serie di osservazioni fatte nei varii paesi, sceverate da ciò, che possono aver di locale.

Giova sperare che dai lavori riuniti dei valenti fisici, che si occupano di questa classe di studii, emergeranno finalmente le vere leggi, che presiedono alle vicende atmosferiche. È allora solo, che la meteorologia potrà somministrare utili criterii all'igiene e all'agronomia, e fornire alla fisica generale i dati di cui abbisogna, per fissare lo stato presente della nostra atmosfera, e le altre condizioni attinenti alla costituzione del globo, a cui riferire le mutazioni, che succedervi potessero col succedersi degli anni e dei secoli.

660. Ecco intanto i risultamenti più generali, che possono ritenersi come dati di esperienza:

1.° L'altezza media del barometro è maggiore regnando i venti settentrionali e freddi, che quando regnano i meridionali e caldi;

2.° Il barometro suolsi tenere a qualche millimetro sotto la sua altezza media prima che cada la pioggia: ma, cominciata la pioggia, il barometro ricomincia a salire.

3.° Se la pioggia è continua, il barometro mantiensi sotto l'altezza media che avrebbe, se fosse il cielo sereno spirando lo stesso vento.

4.° I rapidi abbassamenti indicano gravi sconcerti, e in tempo caldo annunziano temporale.

5.° Nei temporali il barometro è più basso nel luogo dove la procella imperversa, che nei luoghi circonvicini.

6.° Gli alzamenti e gli abbassamenti del barometro quando indicano cangiamenti locali, non si estendono a paesi molto distanti: ciò non ostante vi hanno variazioni straordinarie, che si estendono a distanze grandissime, e che succedono contemporanee in paesi molto lontani.

7.° Se un rapido abbassarsi del barometro è susseguito da un rialzarsi anche rapido, e se varii sono gli oscillamenti, può temersi di qualche grave alterazione nelle condizioni climateriche d'una parte del globo.

Fine.

INDICE

DELLE MATERIE CONTENUTE NELLA FISICA GENERALE E SPERIMENTALE

PARTE PRIMA

CAPO I.

PRELIMINARI.

CAPO II.

PRINCIPII DI STATICA.

CAPO III.

PRINCIPII DI DINAMICA.

CAPO IV.

PRINCIPII D'IDROSTATICA.

CAPO V.

CAPO VI.

CAPO VII.

CAPO VIII.

PARTE SECONDA

CAPO I.

CAPO II.

CAPO III.

CAPO IV.

ELETTRICITA' STATICA.

CAPO V.

CAPO VI.

CAPO VII.

ELETTRO-MAGNETISMO.

CAPO VIII.

OTTICA.

CAPO IX.

METEOROLOGIA.

ERRATA		CORRIGE
pag.		
31	la gravità	ossia la gravità
54	del § 75	del § 19
153	piombo 100.	piombo 60.
208	si potrebbero	si potrebbe
223	per la torpedine su due piatti	porre la torpedine fra due piatti
262	un bel verde	di un bel verde
273	per guisa	per più guise

V. Per delegazione di Mons. Arc.

SAVIO

V. SCIOLLA V. Preside.

Si stampi.

MALASPINA Riformatore.

T. II.
36.
37.
38.
45.
46
Taurus
OTTOBRE
Aries
SETTEMBRE
Pisces
AGOSTO
Gemini
NOVEMBRE
Aquarius
LUGLIO
DICEMBRE
Cancer
GIUGNO
Capricornus
GENNAIO
Leo
FEBBRAIO
Virgo
MARZO
Libra
APRILE
Scorpio
MAGGIO
Sagittarius
49.
50.
47.
44.
48.
39.
40.
41.
42.
43.

51.
52.
53.
57.
58.
61.
62.
63.
64.
65.
54.
55.
56.
60.
59.
66.
67.
68.
69.
70.
71.
72.
73.
74.
75.
76.
77.
78.
79.
80.
81.
82.
83.
84.
85.
86.
87.
88.
89.
90.
91.
92.
93.

94
95
99
100
96
S
d
a
P
c
x
Q
b
A
X
B
C
D
s
101
B
C
C'
P
V
T
T'
P'
V'
102
103
97
98
105
a
b
106
c
d
104
107
e
f
g
h
i
o
k
l
m
n
p
q